

**Návrh vjezdových vrat**  
**Design Entrance Turn Yard Gate**

Student: Ondřej Petrtýl

Vedoucí práce: Ing. Jan Burkovič, Ph.D.

Datum odevzdání: 23.5.2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Petrtýl**  
Studijní program: **B3943 Mechatronika**  
Studijní obor: **3906R006 Mechatronické systémy**  
Téma: **Návrh vjezdových vrat**  
**Design Entrance Turn Yard Gate**

### Zásady pro vypracování:

1. Analyzujte možnosti řešení vjezdových vrat.
  2. Navrhněte alternativní mechatronické systémy otevírání vjezdových vrat pro vjezd osobních automobilů. Umístění vrat řešte jako součást oplocení pozemků.
  3. Po analýze navržených alternativ vyberte optimální řešení, zpracujte konstrukční návrh včetně pohonů a jejich činnost zajistěte dálkovým ovládáním.
  4. Proveďte zhodnocení dosažených výsledků.
- Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu editoru MSWORD a konstrukční řešení v CAD systému.

### Seznam doporučené odborné literatury:

1. KONEČNÝ, Z. *Základy technické dokumentace*. VŠB-TU Ostrava, 2009, 83 s. [online] Dostupné z <[http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka\\_dokumentace/titulni\\_strana.htm](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm)>
2. BURKOVIČ, J. *Navrhování RTP*. Ostrava, 2009, 84 s. ISBN 80-248-0217-1. [online] Dostupné z <<http://robot.vsb.cz/files/resources/navrhovani-rtp.pdf>>
- MOSTÝN, V. *Modelování a analýza konstrukcí robotů II*. VŠB-TU Ostrava, 2002, 111 s. ISBN 80-248-0022-5.
4. NOVÁK, P. *Experimentální metody v mechatronice*. VŠB-TU Ostrava, 2007, 160 s. ISBN 80-248-1222-3.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Burkovič, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

  
\_\_\_\_\_  
prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry

  
\_\_\_\_\_  
prof. Ing. Petr Noskiewič, CSc.  
prorektor pro studium



### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 23.5.2011

.....

podpis studenta

**Prohlašuji, že:**

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, же Высoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 23.5.2011

.....

podpis studenta

Jméno a přímení autora práce:

Ondřej Petrtýl

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Klokočov 56, Vítkov 3, 747 47

## **Anotace bakalářské práce**

PETRTÝL, O. *Návrh vjezdových vrat: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Univerzitní studijní programy, Katedra robototechniky (Fakulta strojní), 2011, 54 s. Vedoucí práce: Burkovič, J.

Bakalářská práce se zabývá návrhem vjezdové brány. V první části je provedena rešerše současných typů bran, pohonů a periférií. V druhé části jsou uvedeny čtyři navržené varianty řešení s popisem. Brána posuvná po kolejnici, otočná, skládací a posuvná samonosná. Následuje hodnotová analýza, na jejímž základě je určena optimální varianta. Ta je dále podrobně popsána a vymodelována v programu ProEngineer. Třetí část práce se zabývá fyzickou realizací optimální varianty. Výběrem komponent, rekonstrukcí a naprogramováním řídicí jednotky. V závěru jsou zhodnoceny dosažené výsledky a nabyté zkušenosti.

## **Annotation of bachelor thesis**

PETRTÝL, O. *Design Entrance Turn Yard Gate: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB-Technical University of Ostrava, University Study Programmes, Department of Robotics (Faculty of Mechanical Engineering), 2011, 54 p. Thesis head: Burkovič, J.

The bachelor thesis deals with design entrance yard gate. Possible types of entrance yard gates, drivers and peripheries are described in introduction. Possible solutions are based and constructed on this information – swing gate, sliding and folding. There are four variants processed by the program ProEngineer and functional description for individual variants is done. The proposed options are based on selected best value analysis. The optimal variant is elaborated. Further, physical implementation is described. Selection of component, reconstruction and programmed of control unit is performed. In the conclusion, the thesis is evaluated, documented by attachments and the assembly drawing of the chosen alternative.

## **Klíčová slova**

Mechatronické systémy, automatizace, průmyslové brány, vjezdové brány – otočné, posuvné samonosné, posuvné kolejnicové, teleskopické, skládací.

## **Key words**

Mechatronic Systems, Automatization, Industrial Gates, Driveway Gates - Swing, Sliding, Telescopic, Folding.

# Obsah

Obsah .....	6
Seznam použitých zkratk, značek a symbolů .....	8
Požadavkový list .....	9
1 Analýza současného stavu .....	10
1.1 Typy bran .....	10
1.1.1 Otočné brány .....	10
1.1.2 Brány posuvné po kolejnici .....	11
1.1.3 Samonosné posuvné brány .....	11
1.1.4 Posuvné brány teleskopické .....	12
1.2 Pohony křídlových bran .....	13
1.2.1 Kloubový .....	13
1.2.2 Podzemní .....	13
1.2.3 Pákový .....	14
1.2.4 Lineární pohony posuvných bran .....	15
1.3 Periferie .....	16
1.3.1 Fotobuňky .....	16
1.3.2 Výstražné lampy .....	16
1.3.3 Klíčové spínače .....	17
1.3.4 Klávesnice .....	17
1.3.5 Dálkové ovládání .....	17
1.3.6 Zámky .....	18
2 Varianty řešení .....	19
2.1 Varianta I. Brána posuvná po kolejnici .....	19
2.2 Varianta II. Křídlová brána .....	21
2.3 Varianta III. Skládací brána (harmonika) .....	23
2.4 Varianta IV – Posuvná brána samonosná .....	27
2.5 Hodnotová analýza .....	28
2.6 Detailní popis a vymodelování optimální varianty v programu ProEngineer .....	30
2.7 Popis komponent optimální varianty .....	34
2.7.1 Blokové schéma .....	34
2.7.2 Stejnoseměrné elektromotory .....	35
2.7.3 Reléové spínače .....	38

2.7.4 Výpočet parametrů ozubeného kola .....	40
2.7.5 Výpočet rychlosti posuvu křídla brány.....	41
3 Fyzická realizace.....	42
3.1 Výběr komponent.....	42
3.2 Rekonstrukce.....	43
3.3 Rekapitulace dosažených výsledků.....	47
3.3.1 Výpočet hmotnosti brány .....	47
3.3.2 Měření doby posuvu křídla.....	48
3.4 Rozpočet.....	48
4 Závěr .....	49
5 Seznam použitých obrázků .....	50
6 Seznam použitých tabulek .....	51
7 Seznam použité literatury .....	51
8 Elektronické zdroje .....	52
9 Přílohy.....	53

## Seznam použitých zkratek, značek a symbolů

$A$	ampér – jednotka elektrického proudu
$B$	magnetická indukce [T]
COM	Common – obecný vstup u relé
DC	Direct Current – stejnosměrný motor
$d$	hlavní kružnice – ozubená kola
$d_a$	hlavová kružnice – ozubená kola
$d_b$	základní kružnice – ozubená kola
$d_f$	patní kružnice – ozubená kola
$F$	síla [N]
Form A,B,C	formy relé
$g$	gram – jednotka hmotnosti
Hz	hertz – jednotka frekvenčního kmitočtu
$h_a$	hlava zubu – ozubená kola
$h_f$	pata zubu – ozubená kola
$I$	proud [A]
IP	ingress protection – stupeň krytí dle IEC 60529
kg	kilogram – jednotka hmotnosti
$\text{kg/m}^3$	kilogram na metr krychlový – jednotka hustoty
$k_M$	proporcionální konstanta
$L$	indukčnost [H]
$M$	moment [Nm]
$m$	metr – jednotka délky hmotnost [kg] modul – ozubená kola
mm	milimetr – jednotka délky
m/s	metr za sekundu – jednotka rychlosti
$N$	severní pól – magnet počet závitů
NC	Normally Closed – rozpínací kontakt relé
NO	Normally Open – spínací kontakt relé
ot/min	otáčky za minutu – jednotka rychlosti
$P_e$	elektrický výkon [W]
PM	permanentní magnety
$P_m$	mechanický výkon [W]
$P_{\max}$	maximální výkon [W]



R	elektrický odpor [ $\Omega$ ]
RF	radiofrekvenční signál
RX	fotobuňka přijímající signál
S	jižní pól – magnet
$s$	dráha [m]
s	sekunda – jednotka času
TX	fotobuňka vysílající signál
$t$	čas [s]
$U$	napětí [V]
$u_{emf}$	elektromotorické napětí [V]
V	volt – jednotka napětí
$V_{AC}$	volt – střídavé napětí – jednotka napětí
$v$	rychlost [m/s]
W	watt – jednotka výkonu
$z$	počet zubů – ozubená kola
$\alpha$	úhel natočení vinutí oproti siločarám B
$\theta$	úhel natočení normály vinutí oproti siločarám B
$\Omega$	ohm – jednotka elektrického odporu
$\omega$	otáčky

## Požadavkový list

Rozměry:	čistý vjezdový prostor:	3 m
	výška brány:	1,5 m
Doba zavírání:	do 30 s	
Rychlost zavírání:	0,1 m/s	
Ovládání pohonu:	dálkové (bezdrátové)	
Pohon:	elektromechanický	
Cena:	minimální	
Hmotnost:	minimální	

# 1 Analýza současného stavu

V této kapitole je uveden základní přehled způsobů řešení dané problematiky využívaných v současné době.

## 1.1 Typy bran

Brány se dělí na několik základních typů. Hlavním rysem je způsob otevírání křídla brány, zde rozeznáváme křídla otočná a posuvná. U posuvných bran se používá ještě dělení charakterizující způsob a provedení pohybu křídla.

### 1.1.1 Otočné brány



*Obrázek 1: Otočná brána*

Velkou výhodou tohoto typu je, že automatickým pohonem můžeme osadit až 90 % stávajících bran bez potřeby stavebních úprav. Jsou vhodné na pozemky, kde není možné realizovat posuvné brány, například pro nedostatek místa po stranách vjezdového otvoru či pokud je terén příliš členitý a vyžadoval by větší stavební úpravy. Pro vjezdy větší velikosti se doporučují dvoukřídlé otočné brány.

Nespornou výhodou je jednodušší a levnější stavební příprava. Otočné brány jsou také méně hlučné, ale vyžadují více prostoru za branou, kam se jednotlivá křídla brány otevírají. Tento prostor nesmí být do svahu. V místě setkání křídel je také často vyžadován zabudovaný doraz.

### 1.1.2 Brány posuvné po kolejnici



*Obrázek 2: Posuvná brána po kolejnici*

Užívají se zejména tam, kde je vjezd příliš velikých rozměrů a otočná brána by tak vážila mnoho kilogramů a jako samonosná by musela mít hodně dlouhý vynášecí profil. Umožňuje parkování ihned za bránou a boční prostor odpovídá velikosti samotného průjezdu. Náklady oproti bráně samonosné jsou menší. Nevýhodou však je potřeba stavebně zasáhnout do povrchu vjezdu a také vyšší náročnost stavební připravenosti. Dalším záporem je potřeba kolejnici brány udržovat bez mechanických nečistot, aby byl zaručen plynulý chod brány, zejména v zimním období.

### 1.1.3 Samonosné posuvné brány



*Obrázek 3: Posuvná brána samonosná*

Používají se tam, kde není dost prostoru pro otevření křídlových otočných bran. Posuvná brána samonosná nejezdí po kolejnici. Z toho plynou výhody, nehrozí nebezpečí přizvednutí kolejnice silnými mrazy, zanesení kolejnice pevnými nečistotami a tím způsobené případné komplikace za provozu či poškození mechanismu. Ze všech typů bran má nejnižší nároky na údržbu. Výhodou je také to, že se nemusí stavebně zasahovat do povrchu vjezdu, proto je vhodná na místa, kde již leží celistvý povrch (zámková dlažba, beton, asfalt) a nechceme tento povrch narušit. Umožňuje také parkování ihned za bránou. Nevýhodou však je fakt, že je potřeba mít boční prostor pro odsunutí brány o cca 1/3 větší než je velikost samostatného průjezdu a to kvůli potřebě vynášecího profilu brány.

#### **1.1.4 Posuvné brány teleskopické**



*Obrázek 4: Posuvná brána teleskopická*

Jsou to speciální typy posuvných bran konstrukce po kolejnici i samonosné, kdy se brána skládá ze dvou a více křídel uložených vedle sebe a vzájemně propojených, kde jedno křídlo je posouváno pohonem a další pomocným převodem. Hlavní výhoda teleskopické brány je potřeba menšího bočního prostoru, do kterého brána zajíždí. Délka bočního prostoru bývá proti klasické posuvné bráně menší a to úměrně k počtu použitých křídel. Výhody i nevýhody má společné s klasickou konstrukcí obou typů.

## 1.2 Pohony křídlových bran

### 1.2.1 Kloubový

Orientační údaje z nabídky pohonů Hyppo, Popkit, Armor.



Obrázek 5: Kloubový pohon

Tabulka 1: Parametry kloubových elektromechanických pohonů

Typ	elektromechanický
Napájení	230 V <sub>AC</sub> 50 Hz
Příkon	75 – 250 W
Rychlost	1,7 – 2,5 ot/min
Hmotnost pohonu	5 – 22 kg
Ochrana	IP 44
Max. hmotnost brány	do 800 kg

### 1.2.2 Podzemní

Orientační údaje z nabídky pohonů DTU, Metro, Major.



Obrázek 6: Podzemní pohon

Tabulka 2: Parametry podzemních elektromechanických pohonů

Typ	elektromechanický
Napájení	230 V <sub>AC</sub> 50 Hz
Příkon	120 – 250 W
Rychlost	1,2 – 1,4 ot/min
Hmotnost pohonu	6 – 11 kg
Ochrana	IP 67
Max. hmotnost brány	do 600 kg



### 1.2.3 Pákový

Orientační údaje z nabídky elektromechanických pohonů RotaMatic, Moby, Mobykit, Wingokit, Optimo.



Obrázek 7: Pákový elektromechanický pohon

Tabulka 3: Parametry pákových elektromechanických pohonů

Typ	elektromechanický
Napájení	230 V <sub>AC</sub> 50 Hz
Příkon	120 – 250 W
Rychlost	0,016 – 0,018 m/s
Hmotnost pohonu	6 - 17 kg
Ochrana	IP 44
Max. hmotnost brány	do 800 kg

Orientační údaje z nabídky elektrohydraulických pohonů DTH, Turn, Turn ECO.



Obrázek 8: Pákový elektrohydraulický pohon

Tabulka 4: Parametry pákových elektrohydraulických pohonů

Typ	elektrohydraulický
Napájení	230 V <sub>AC</sub> 50 Hz
Jmenovitý výkon	300 – 350 W
Rychlost	0,02 m/s
Hmotnost pohonu	-
Ochrana	IP 54
Max. hmotnost brány	do 350 kg

### 1.2.4 Lineární pohony posuvných bran

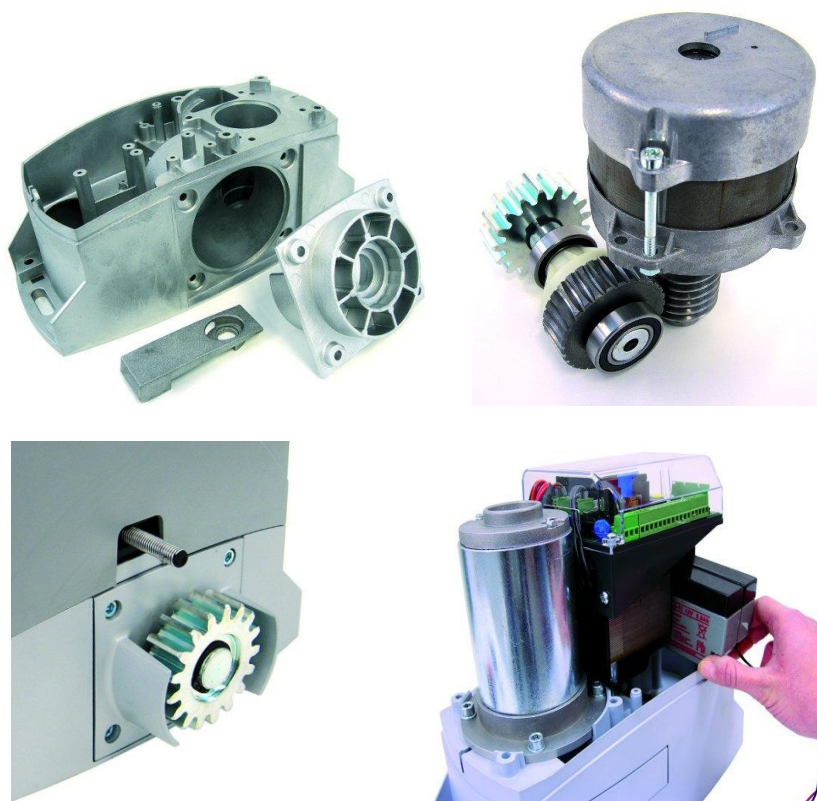
Orientační údaje z nabídky pohonů LineaMatic, STA, Road, Robo, Robus, Pass, Thor, Thor - Q, Tub, Robo kit, Robus kit, Puls, Acer.



Obrázek 9: Lineární pohon

Tabulka 5: Parametry lineárních elektromechanických pohonů

Max hmotnost brány	400 kg	600 kg	800 kg
Napájení	230/400 V	230/400 V	230 V
Jmenovitý výkon	250 W	280 W	300 W
Rychlost	10 m/min	10 m/min	11 m/min
Hmotnost pohonu	8 -12 kg	11 kg	-
Ochrana	IP 54/65	IP 54/65	IP 54



Obrázek 10: Detaily lineárního pohonu

## ***1.3 Periferie***

### **1.3.1 Fotobuňky**

Fotobuňky pracují na principu infračerveného záření, kdy jedna fotobuňka paprsek vysílá (TX) a druhá jej přijímá (RX). Primárně se využívají jako bezpečnostní prvek. V případě, že se brána zavírá a fotobuňky zaznamenají přerušení signálu, pak řídicí jednotka bránu zastaví a začne ji otevírat. Druhým způsobem využití je funkce řídicí, kdy se fotobuňky umístí před bránu a zaznamenají-li přerušení, vydá řídicí jednotka pokyn k otevření. Po určitém časovém intervalu se brána začne opět zavírat.



*Obrázek 11: Fotobuňky*

### **1.3.2 Výstražné lampy**

Výstražné lampy (majáky) mají význam jako pasivní bezpečnostní prvek. Pokud je křídlo brány uvedeno do pohybu, začne lampa blikat, aby upozornila uživatele na možné nebezpečí.



*Obrázek 12: Výstražné lampy*



### 1.3.3 Klíčové spínače

Funkce klíčových spínačů je řídicí. Po otočení klíče začne brána vykonávat operaci naprogramovanou v řídicí jednotce a to buď otevírání, nebo zavírání. Principem řízení odpovídá stisknutí tlačítka.



*Obrázek 13: Klíčové spínače*

### 1.3.4 Klávesnice

Dalším způsobem jak vydat povel k otevření či zavření je použití klávesnice. Může sloužit jako obyčejné tlačítko, kdy stiskem tlačítka přímo vydáme povel, nebo může působit jako zabezpečovací prvek, kdy nejdříve musíme zadat bezpečnostní kód a teprve potom vydat povel k pohybu křídla.



*Obrázek 14: Klávesnice*

### 1.3.5 Dálkové ovládání

Dálkové ovládání pracuje na principu bezdrátového přenosu radiofrekvenčního signálu, kdy samotný ovladač signál vysílá a anténa připojená k řídicí jednotce signál přijímá. Nejčastější frekvence signálu u sledovaných ovladačů je 433,92 MHz. Ovladače mají také různý počet kanálů, které můžeme naprogramovat. Pro každý kanál můžeme

nastavit jinou operaci či ovládání jiného zařízení. Na trhu jsou k dostání jedno, dvou, čtyř i osmi kanálové ovladače.



*Obrázek 15: Dálkové ovládání*

### **1.3.6 Zámky**

Dělíme je do dvou hlavních kategorií podle typu křídla. Pro brány posuvné jsou to zámky hákové. Pro brány otočné jsou to zámky vertikální, které se zamykají do patice uchycené v zemi a zámky horizontální, jejichž západka se vysouvá do otvoru ve sloupku či v druhém křídle. Zamykání je manuální či elektromechanické ovládané řídicí jednotkou pohonu. Zámky mají bezpečnostní charakter a současně zpevňují křídlo v uzavřeném stavu.



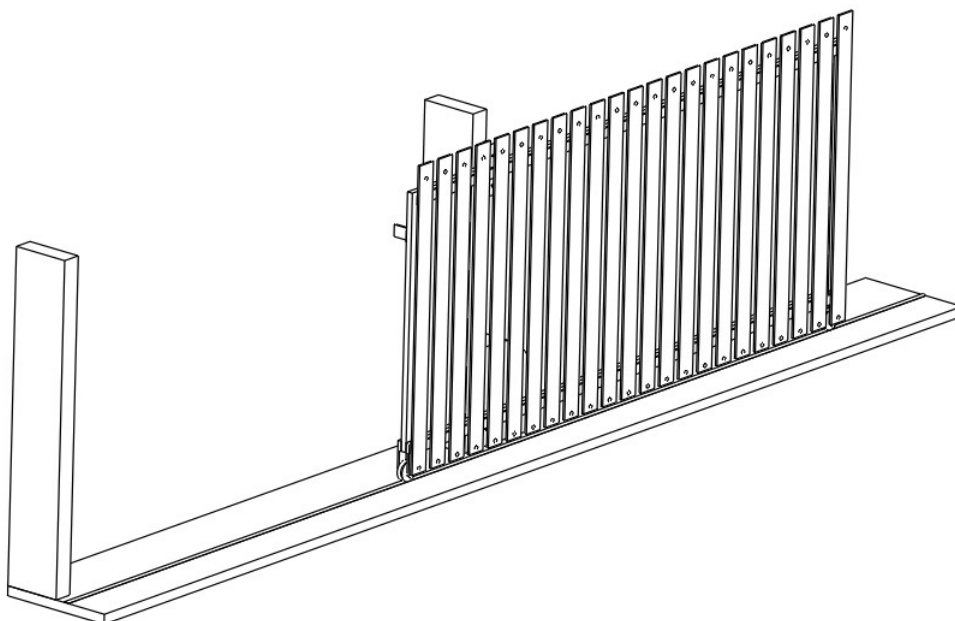
*Obrázek 16: Zámek vertikální (vlevo) a horizontální (vpravo) pro otočnou bránu*



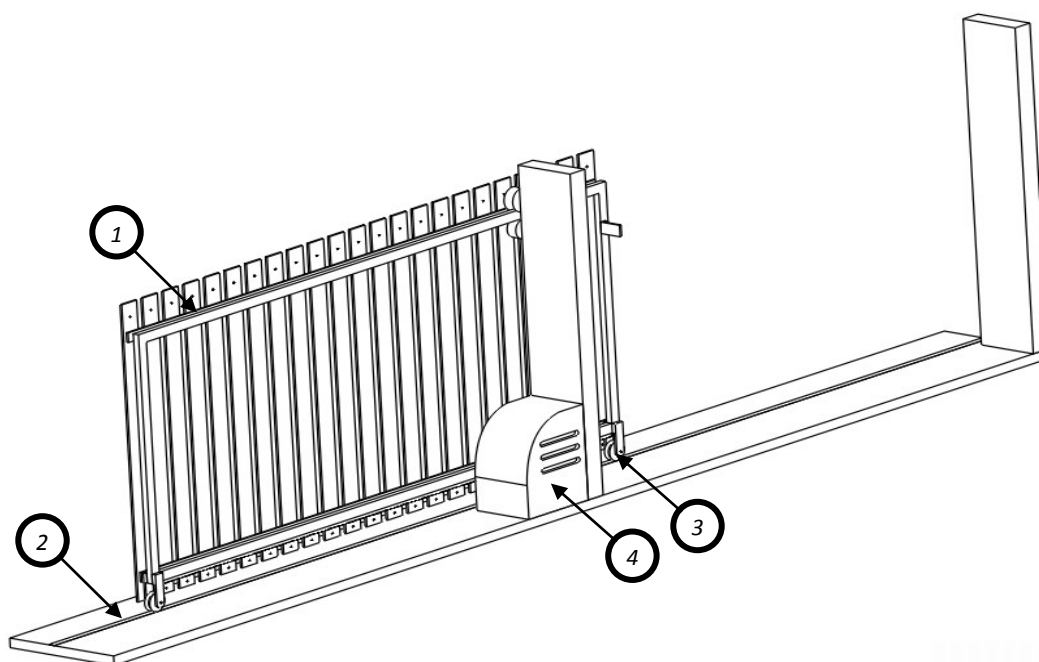
*Obrázek 17: Zámek hákový pro posuvnou bránu*

## 2 Varianty řešení

### 2.1 Varianta I. Brána posuvná po kolejnici



Obrázek 18: Pohled z vnější strany



Obrázek 19: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků

<b>Hlavní prvky sestavy:</b>	1	Křídlo brány
	2	Kolejnice
	3	Pojezdové kolečka
	4	Pohon

## **Popis konstrukce a funkčnosti**

Kompletní mechanismus posuvné brány po kolejnici se skládá z několika základních prvků (viz obrázek 19).

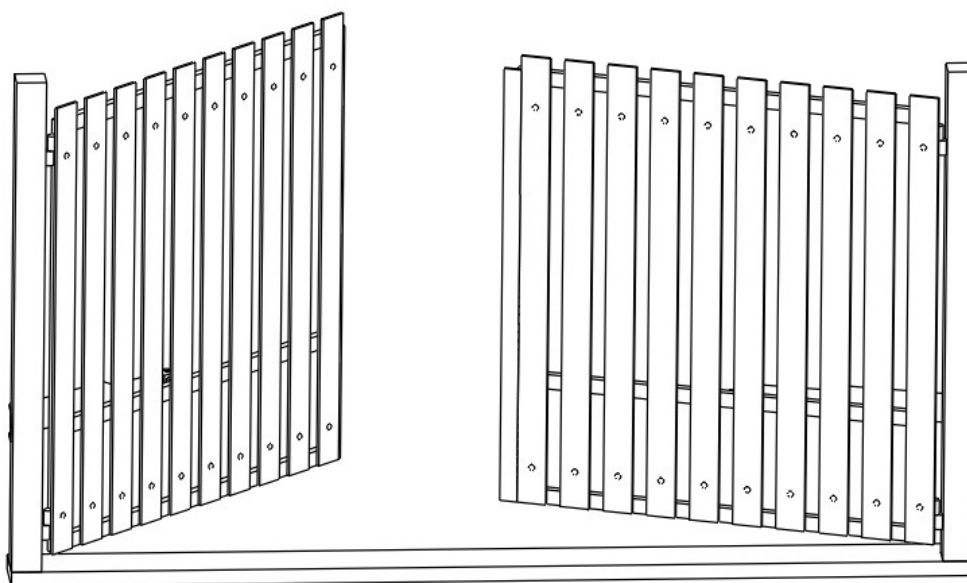
Rám brány se skládá z hlavního svařence požadovaného tvaru a doplňujících prvků. To jsou například prvky pro uchycení pojezdových koleček, dojezdové zarážky či prvky pro uchycení materiálu výplně (dřevo, plech, plast...). Do rámu také může být zabudováno zamykání elektrické nebo mechanické.

Celé křídlo se pohybuje po kolejnici, která je tvořena vhodným profilem. Jsou to například profily tvaru T a L. Po této kolejnici se pohybuje brána pomocí pojezdových koleček, které mají vnitřní profil odpovídající tvaru kolejnice. Z tohoto také vyplývá hlavní nevýhoda pojezdových bran, mechanické nečistoty, které se dostanou na kolejnici, při pohybu vyvolává odpor proti pohybu a způsobují tak opotřebení kola či jeho zničení.

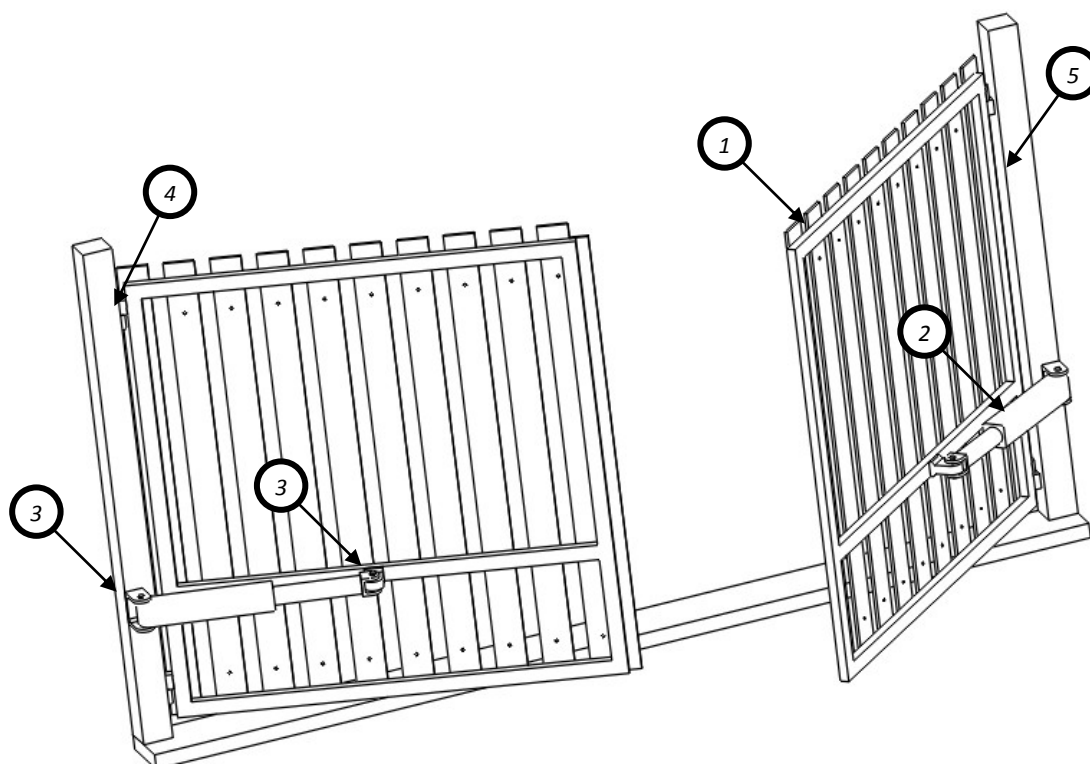
Pohyb křídla je zajištěn pohonem, kterým bývá ve většině aplikací elektromotor odpovídajícího výkonu. Ten přenáší rotační pohyb pomocí ozubeného kola na ozubený hřebec, čímž se docílí pohybu posuvného.

Poslední významnou částí konstrukce je montážní otvor. Ten se skládá z podkladové zpevněné plochy (betonová deska), na kterou je umístěna kolejnice. Dále je montážní otvor osazen sloupky, z nichž jeden je vodící. Sloupky mohou být z různého materiálu (beton, železo, dřevo...). Sloupek, který je umístěn jako koncový (dojezdový), může být osazen zamykáním. Na oba sloupky je pak možno namontovat fotobuňky, které slouží jako světelná závora a v případě, že se v prostoru pohybu brány nachází cizí těleso, zastaví bránu, aby nedošlo k poškození majetku či ublížení na zdraví. Stavební připravenost před montáží brány vyžaduje také kabeláž, hlavně pak napájecí napětí.

## 2.2 Varianta II. Křídlová brána



Obrázek 20: Pohled z vnější strany



Obrázek 21: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků

### Hlavní prvky sestavy:

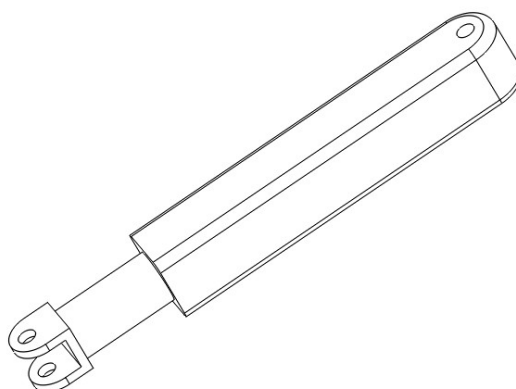
- |   |                 |
|---|-----------------|
| 1 | Křídlo brány    |
| 2 | Pohon           |
| 3 | Uchycení pohonu |
| 4 | Panty           |
| 5 | Sloupky         |

## Popis konstrukce a funkčnosti

Kompletní mechanismus křídlové brány se skládá z několika základních prvků (viz obrázek 21).

Rám brány se skládá z hlavního svařence požadovaného tvaru a doplňujících prvků. Těmi jsou panty nebo například systém zamykání. A to buď mechanický, nebo elektrický.

Jako pohon se využívají motory elektrické, případně elektrohydraulické. Výhodou elektrohydraulických je jejich velká tlačná síla, která je dána použitím hydrauliky. Motor je k rámu brány i k sloupkům uchycen pomocí otočných čepů zasazených do upínacích prvků. Detail uchycení je vidět na obrázku 19.

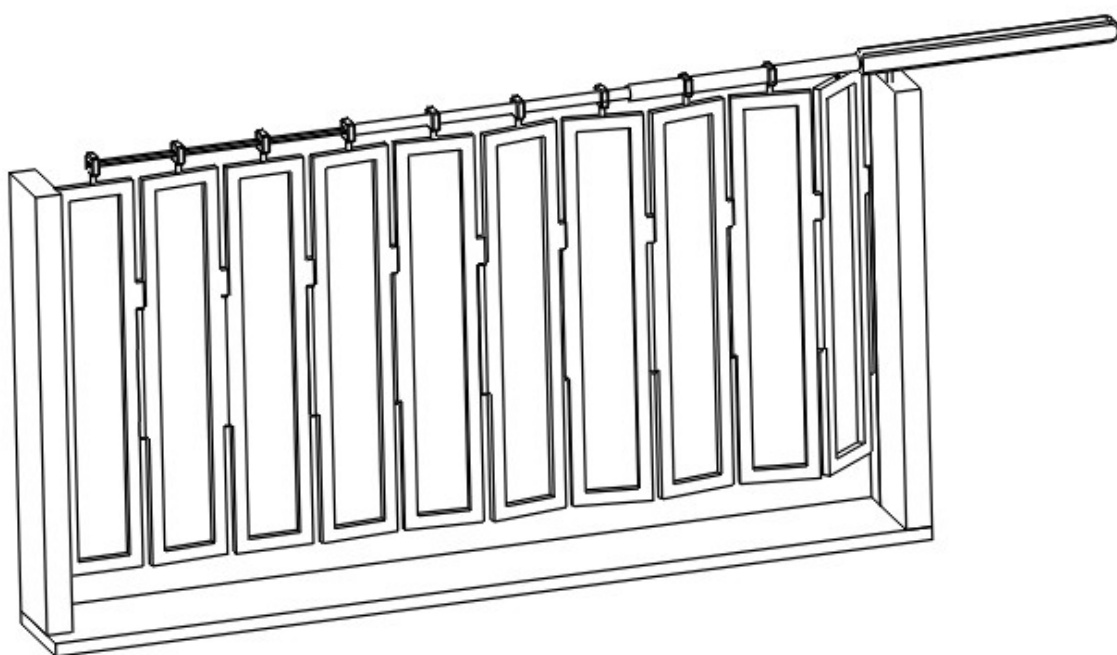


*Obrázek 22: Detail elektrohydraulického pohonu a jeho uchycení*

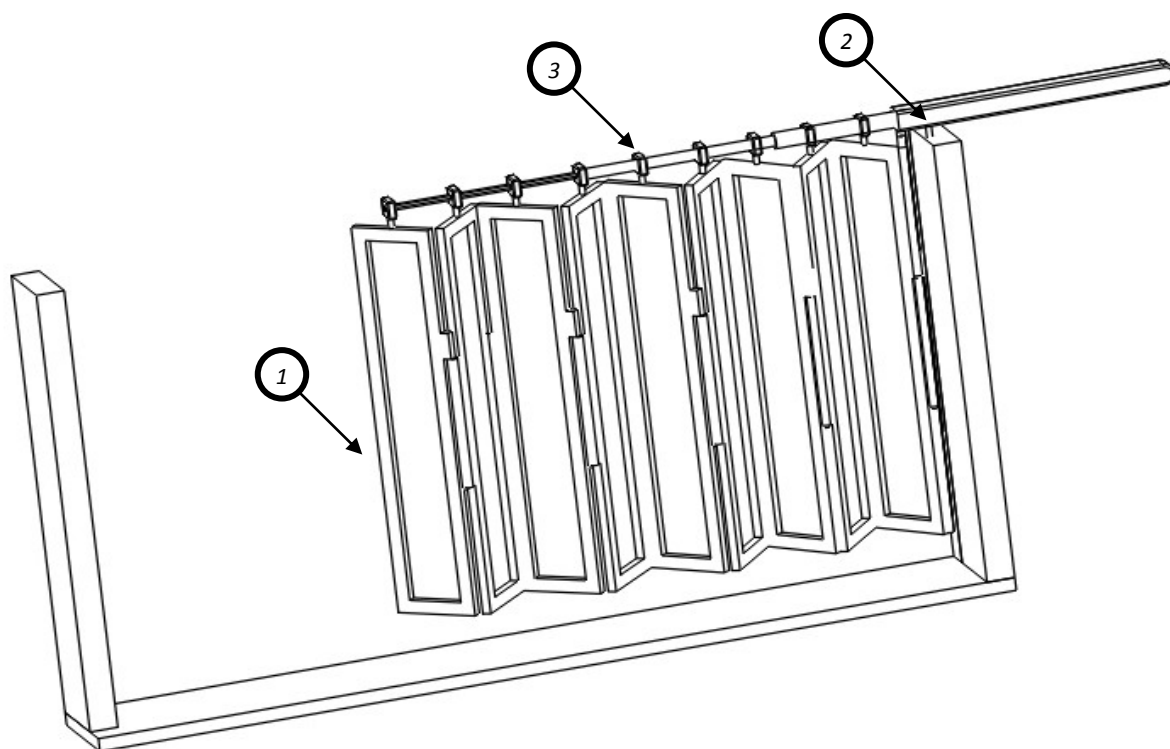
Montážní otvor se skládá z ukotvených nosných sloupků. Ke sloupkům jsou uchyceny panty, na nichž visí jednotlivá křídla. Důležité součásti sloupků jsou kotvící prvky pro uchycení pohonu. Výhodou tohoto provedení je absence vodící kolejnice a z ní vyplývajících komplikací a poškození během provozu. Nevýhodou je prostor potřebný pro pohyb křídel ve směru otevírání. Velikost tohoto prostoru je dána délkou křídla. Stavební připravenost montážního otvoru klade nižší nároky než u brány posuvné po kolejnici. Stále však zůstává potřeba připravit kabeláž a to zejména pro napájecí napětí.

Další součástí montážního otvoru jsou doplňkové prvky, jimiž jsou fotosnímače a výstražné majáky, upozorňující na provoz brány. Chod brány můžeme spustit pomocí dálkového ovládání, čtečky karet, čtečky otisků prstů nebo numerickou klávesnicí.

### 2.3 Varianta III. Skládací brána (harmonika)

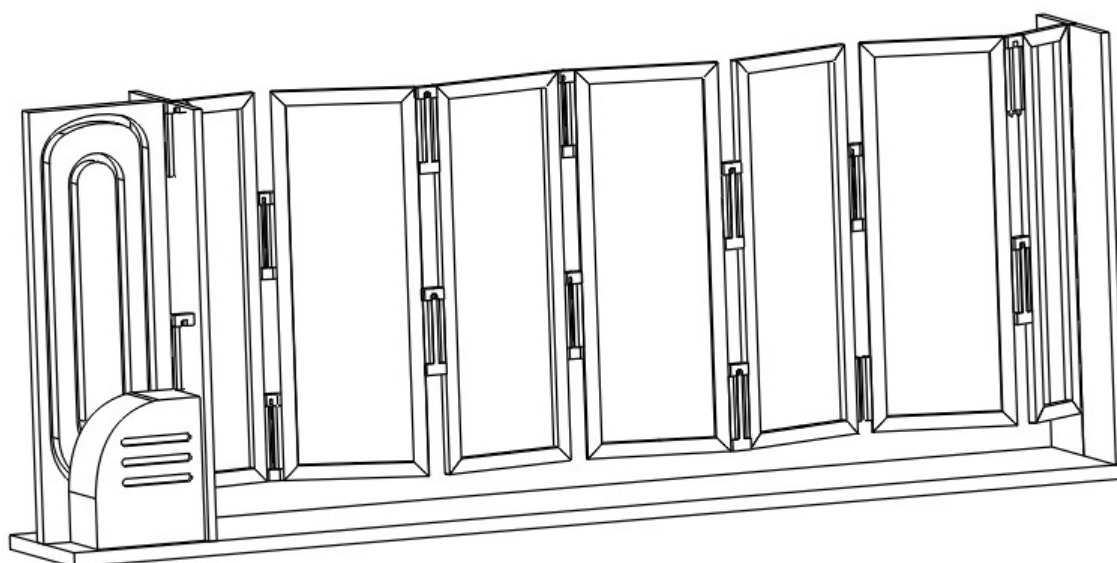


Obrázek 23: Pohled z vnitřní strany

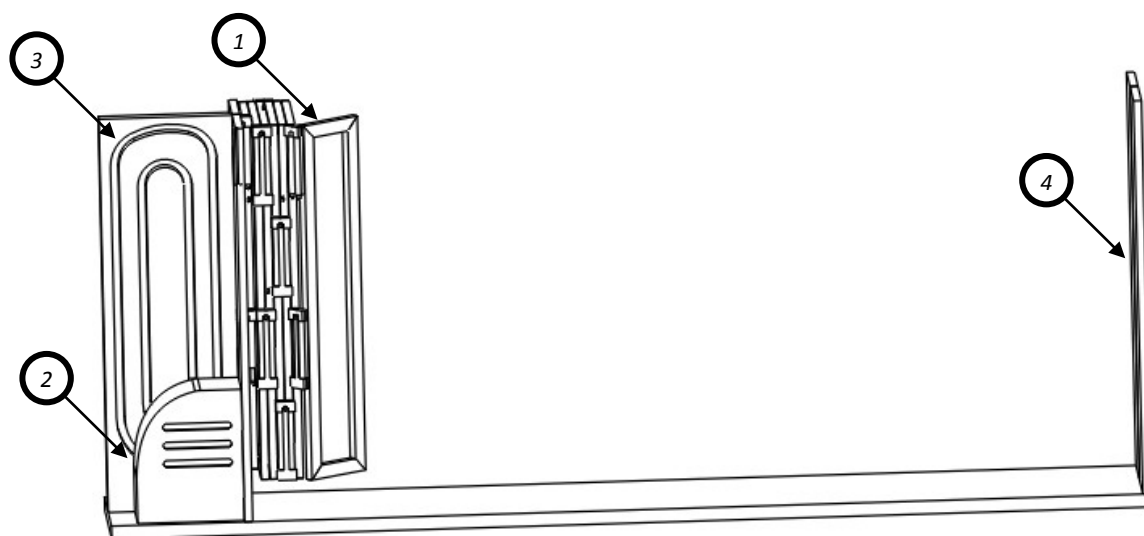


Obrázek 24: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků

<b>Hlavní prvky sestavy:</b>	1	Samonosný segment křídla brány
	2	Pohon
	3	Vodící oka



Obrázek 25: Pohled z vnitřní strany



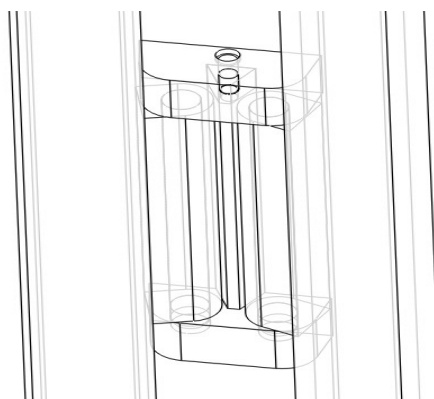
Obrázek 26: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků

<b>Hlavní prvky sestavy:</b>	1	Samonosný segment křídla brány
	2	Pohon
	3	Zásobník na řetěz
	4	Sloupky



## Popis konstrukce a funkčnosti

Křídlo brány se skládá ze samonosných segmentů. Každý segment je tvořen rámem a osazen oboustrannými panty. Rozmístěných v různých výškách a s odsazením od přední či zadní hrany. Vhodnou kombinací dostaneme celkem čtyři varianty segmentů, které nám dovolí při správném sestavení kompaktní složení a maximální rozložení. Panty jsou na straně segmentu tvořeny oky a dva segmenty jsou spojeny prvkem s dvěma čepy. Panty mají zároveň funkci vymezení zářezky (viz obrázek 27), která umožňuje rozevření dvou sousedních křídel v rozsahu do 180°. Díky tomuto se segmenty při zavírání dostanou do požadované polohy. Spodní část pantu pomáhá absorbovat namáhání při otevírání.



*Obrázek 27: Tvarovaný pant*

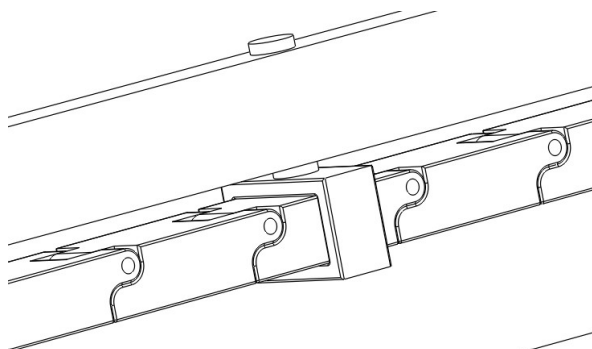
Pohyb je možno zajistit více způsoby. Jedním z nich je použití lineárního teleskopického hydraulického motoru – viz obrázek 24. Lineární pohyb segmentů uložených na otočných čepech (pantech) zajišťují vodící oka, jimiž prochází teleskopický píst. Oka jsou uchycena ke každému segmentu otočnou vazbou.

Dalším způsobem pohonu brány je využití rotačního elektromotoru. To vyžaduje umístění vodících koleček na každý segment a také použití kolejničky. Převod rotačního pohybu na posuvný je zajištěn pomocí ozubeného kola a řetězu. K řetězu je upevněn vodící čep, který je spojen s prvním segmentem. Toto provedení je však velmi nepraktické, neboť vyžaduje umístění pohonného mechanismu do země.

Jedinečným řešením je zajištění pohybu pomocí speciálního tlačného řetězu, jehož jednotlivé segmenty jsou navrženy tak, aby umožňovaly rozsah pohybu 90° v jednom směru.

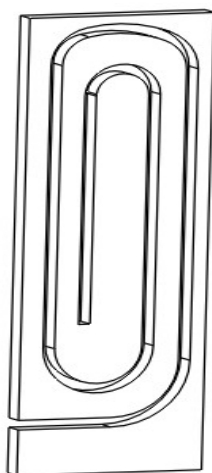
Pohybu dolů je omezeno tvarováním řetězu a pohybu do boků je omezeno díky obdélníkovému tvaru. Lineární pohyb segmentů uložených na otočných čepech (pantech)

zajišťují vodící oka, jimiž prochází řetěz. Oka jsou uchycena ke každému segmentu otočnou vazbou (viz obr 28).



*Obrázek 28: Průchod řetězu vodícím okem*

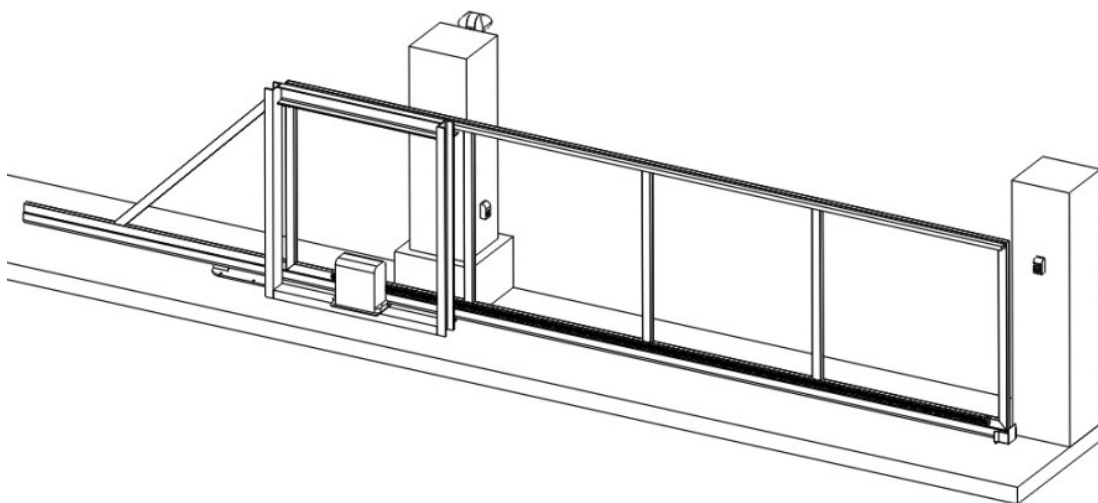
Výhodou tohoto řetězu je, že je schopen se schovat do zásobníku, v němž je komora se spirálovitou dutinou (viz obrázek 29). Pohon řetězu je realizován elektromotorem, který přes kolo na rotoru přenáší pohyb rotační na stěnu řetězu a ten se vysouvá vpřed a vzad. Jednou z možností je použití ozubeného kola a tvarování na řetězu (princip funkce – ozubený hřeben). Nebo použití více přitlačných koleček a využití třecí vazby.



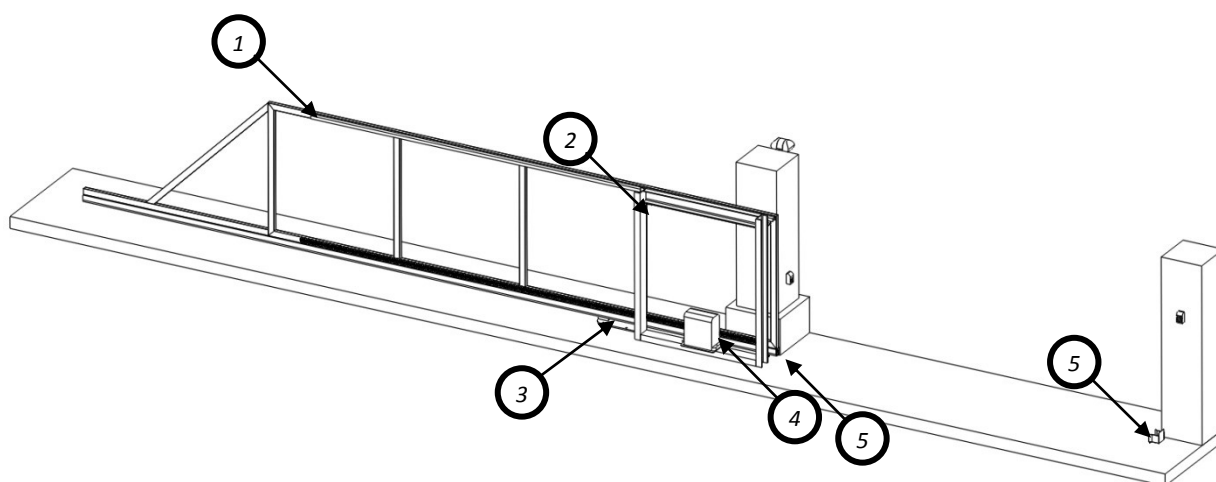
*Obrázek 29: Řez zásobníkem na tlačný řetěz*

Výhodou řešení je tedy absence kolejnice i vodících koleček a také kombinace obou výhod předchozích variant. To znamená, že brána je samonosná a nevyžaduje údržbu kolejnicové části, tak jako brána posuvná po kolejnici. Na rozdíl od brány otočné umožňuje úplné využití prostoru za branou. A oproti variantě posuvné brány, ať už samonosné či pojezdové, nevyžaduje tak velký prostor pro zasunutí křídla. Tento prostor je u samonosné brány roven délce křídla brány plus jedné třetině její délky, potřebné pro vynášecí profil. U brány pojezdové je tento prostor roven čisté délce křídla.

## 2.4 Varianta IV – Posuvná brána samonosná



Obrázek 30: Pohled z vnitřní strany



Obrázek 31: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků

Hlavní prvky sestavy:	1	Rám
	2	Konstrukce vertikálního vedení
	3	Kyvné nosné vozíky
	4	Motor
	5	Dojezdové prvky

### Popis konstrukce a funkčnosti

Podrobný popis je uveden v části 2.6 *Detailní popis a vymodelování optimální varianty v programu ProEngineer*.

## 2.5 Hodnotová analýza

Tabulka 6: Kritéria a jejich charakteristika

Označení kritéria	Kritérium	Charakteristika kritéria
K1	Hmotnost	Požadavek na dosažení nejnížší hmotnosti při zachování funkce
K2	Náročnost výroby	Náročnost výroby jednotlivých komponentů
K3	Náročnost montáže	Časová a manuální náročnost při montáži, potřeba speciálního vybavení
K4	Stavební připravenost	Zahrnuje přípravné práce (terénní úpravy, betonování...)
K5	Předpokládaná cena	Předpokládaná celková cena, kterou zaplatí koncový zákazník
K6	Náročnost údržby	Náročnost údržby při provozu (servisní práce, udržování čistoty průjezdu...)
K7	Prostor do boku	Prostor, který potřebuje křídlo brány při maximálním otevření
K8	Prostor za bránou	Prostor, který potřebuje křídlo brány při maximálním otevření
K9	Možnost fyzické realizace	Možnost kompletně fyzicky realizovat danou variantu

Tabulka 7: Určení váhy významnosti kritérií

Porovnáváné páry kritérií								$\nu$ - Počet voleb	Pořadí	$q$ - Váha významnosti
K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	K1	6,0	2	1,500
K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	-		
	K2	K2	K2	K2	K2	K2	K2	1,0	9	0,250
	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	-		
		K3	K3	K3	K3	K3	K3	2,0	8	0,500
		K4	K5	K6	K7	K8	K9	-		
			K4	K4	K4	K4	K4	2,5	5	0,625
			K5	K6	K7	K8	K9	-		
				K5	K5	K5	K5	6,0	2	1,500
				K6	K7	K8	K9	-		
					K6	K6	K6	5,5	4	1,375
					K7	K8	K9	-		
						K7	K7	2,5	5	0,625
						K8	K9	-		
							K8	2,5	5	0,625
							K9	8,0	1	2,000

Tabulka 8: Ohodnocení variant a výpočet vážených indexů kritérií

Kritérium	Hodnota				Vážený index kritéria			
	Varianta				Varianta			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
K1	5	4	3	4	7,50	6,00	4,50	6,00
K2	4	4	2	3	1,00	1,00	0,50	0,75
K3	4	5	3	5	2,00	2,50	1,50	2,50
K4	3	5	4	5	1,88	3,13	2,50	3,13
K5	5	4	2	4	7,50	6,00	3,00	6,00
K6	2	5	4	5	2,75	6,88	5,50	6,88
K7	2	6	4	1	1,25	3,75	2,50	0,63
K8	6	1	5	6	3,75	0,63	3,13	3,75
K9	1	1	1	6	2,00	2,00	2,00	12,00
Celkový součet vážených indexů					29,63	31,88	25,13	41,63

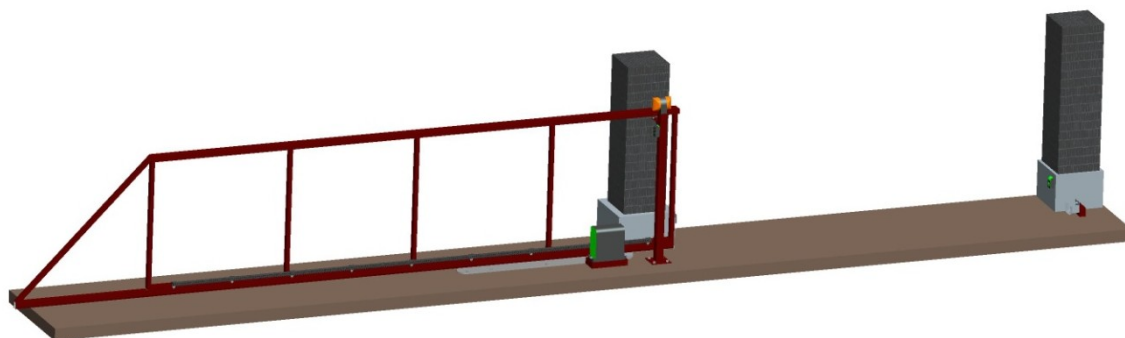
Tabulka 9: Celkové pořadí - zisk optimální varianty

Pořadí	Celkový součet vážených indexů	Varianta
1.	41,63	IV
2.	31, 88	II
3.	29, 63	I
4.	25, 13	III

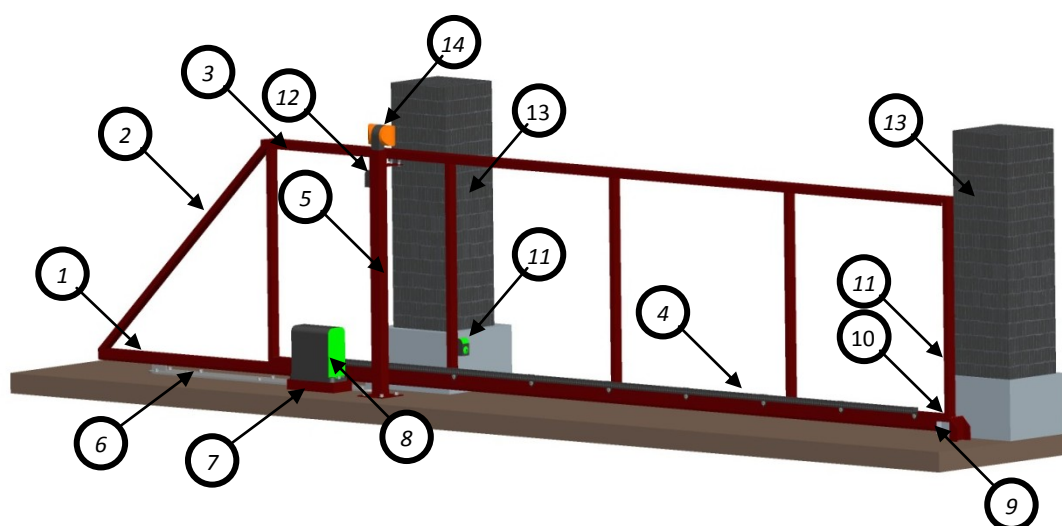
### Závěr hodnotové analýzy

Hodnotová analýza byla provedena metodou porovnávání v trojúhelníku párů. Nejvíce bodů získala varianta IV hlavně díky možnosti fyzické realizace. Pokud bychom toto kritérium vynechali, dosáhly by téměř stejných výsledků varianty II, III a IV. To také potvrzuje praxe, kde jsou dnes právě tyto varianty nejrozšířenější.

## 2.6 Detailní popis a vymodelování optimální varianty v programu ProEngineer



Obrázek 32: Pohled z vnitřní strany



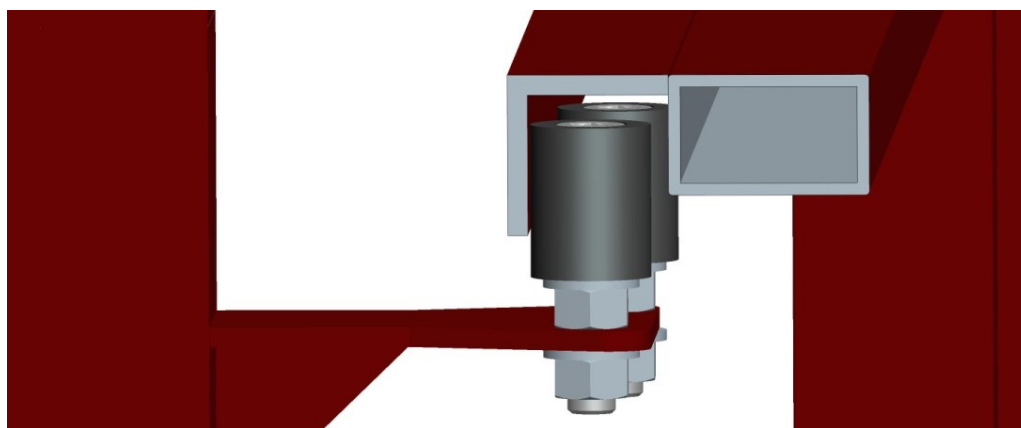
Obrázek 33: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků

Hlavní prvky sestavy:	1	C profil	8	Motor
	2	Vzpěra C profilu	9	Dojezdové kolo
	3	L profil	10	Dojezd
	4	Ozubený hřeben	11	Fotobuňky
	5	Vodící sloupek	12	Klávesnice
	6	Vozíkový komplet	13	Sloupek
	7	Podstavec motoru	14	Výstražná lamp

## Popis konstrukce a funkčnosti

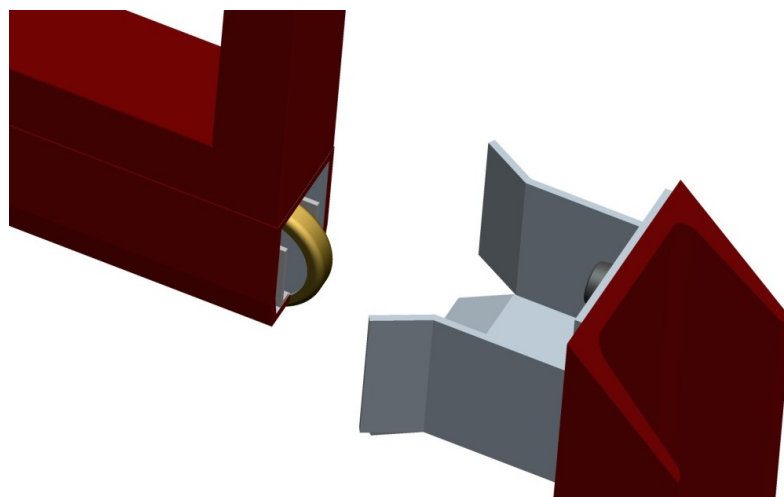
Tato varianta je v mém případě realizována úpravou stávající samonosné brány domácí výroby ovládané manuálně. Po úpravě bude pohyb brány automatizován. Popis této varianty je přímým popisem reálného objektu (ve stavu realizovaném), proto je velice podrobný.

Křídlo brány je tvořeno svěřencem z tenkostěnných obdélníkových profilů. Ke stávajícímu stavu (tvar obdélníku) je přivařen C profil v délce odpovídající cca 1/3 současné délky brány (resp. velikosti vjezdového otvoru) a délce stávajícího křídla. C profil je navařen ve spodní části křídla a v kombinaci s vozíkovým kompletem zajišťuje horizontální vedení. Aby se brána při pohybu nenakláněla do boku a nezatěžovala tak vozíkový komplet, je k vrchní části křídla přidán L profil, v němž se pohybují vodící válce. Ty jsou umístěny na držáku vodícího sloupku v otvorech umožňujících polohování ve vertikálním směru. Válce jsou oproti sobě přesazeny, takže každý z nich je namáhán pouze z jednoho směru (obrázek 34)



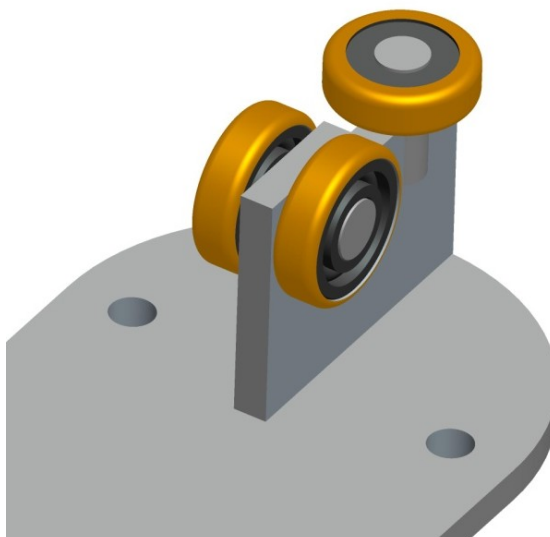
*Obrázek 34: Vertikální vedení*

V přední části brány je v C profilu uchyceno dojezdové kolo, které v případě, že dojde k naklonění brány, navede při zavírání křídlo do dojezdového boxu. Tím je zajištěno, že brána bude při maximálním vysunutí ve vodorovné poloze a nebude permanentně namáhán vozíkový komplet. Detail je vidět na obrázku 35.



*Obrázek 35: Dojezdové kolo a dojezdový box*

Celé toto křídlo se pohybuje na vozíkovém kompletu. Je možno také volit nákup každého vozíku zvlášť, čehož je využíváno u bran větších rozměrů. V našem případě jsou použity dva tříkolové vozíky (obrázek 36), na nichž jsou dvě vertikální kola zajišťující pohyb křídla, která odpovídají rozměrově velikosti C profilu. Pokud je brána ve vyváženém stavu, leží na kolech, pokud se naklopí, opře se C profil zespodu o kola. Aby při vertikálních výchylkách nedocházelo k namáhání kol, a pro přesnější vedení brány je přidáno ještě další kolo v horizontální poloze, které se opírá o boční stěny C profilu. V detailu na obrázku 36.

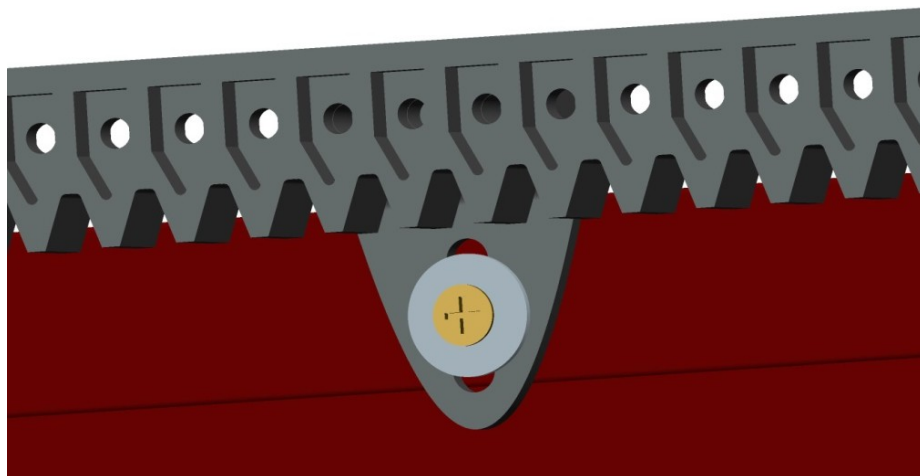


*Obrázek 36: Vozík*

Hřeben se dodává v segmentech o délce 50 cm, ze kterých sestavíme potřebnou délku hřebenu. Jednotlivé prvky se spojí tvarovou vazbou a k držáku hřebenu se přichytí pomocí šroubů, čímž se celé spojení výrazně zpevní. Držák je poté připevněn na rám brány a díky

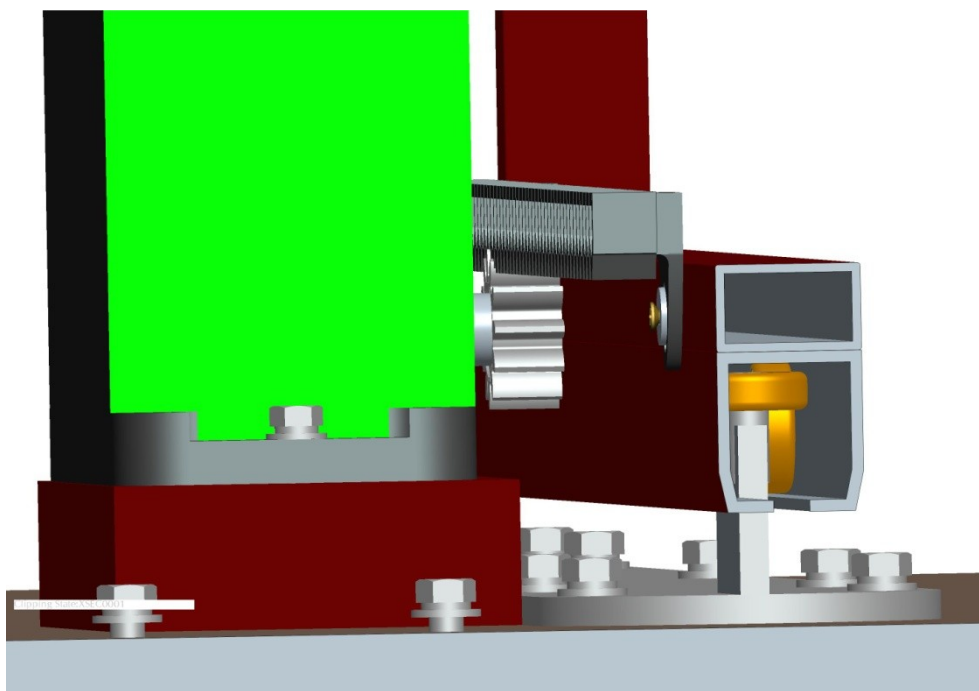


oválným otvorům můžeme jemně seřídít vzdálenost hřebenu od ozubeného kola. Detail na obrázku 37.



*Obrázek 37: Uchycení hřebenu na křídlo brány*

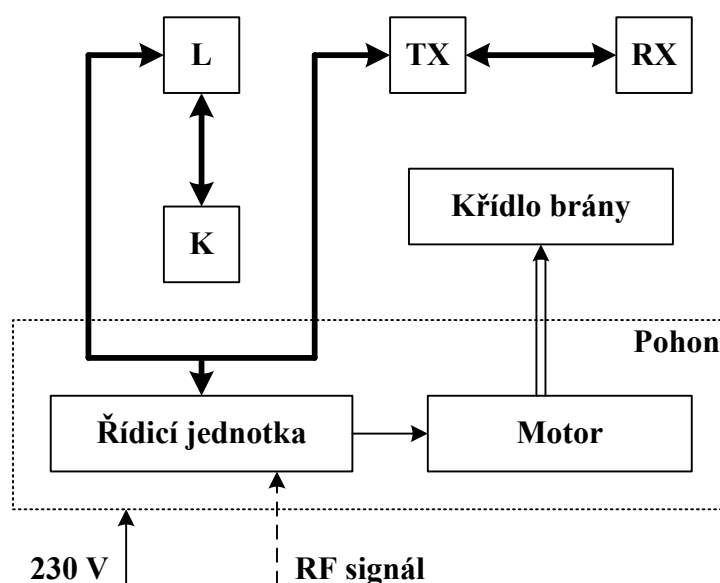
Pohon křídla je zajištěn pomocí 12 V stejnosměrného elektromotoru s převodovkou. Rotační pohyb je ozubeným kolem přenášen na plastový ozubený hřeben, čímž se vyvodí pohyb posuvný. Na obrázku 38 můžeme vidět usazení pohonu na podstavci a vzájemnou polohu ozubeného kola a hřebenu. V řezu C profilem je také patrné usazení vozíků.



*Obrázek 38: Celkový pohled na pohon a usazení vozíků v C profilu*

## 2.7 Popis komponent optimální varianty

### 2.7.1 Blokové schéma



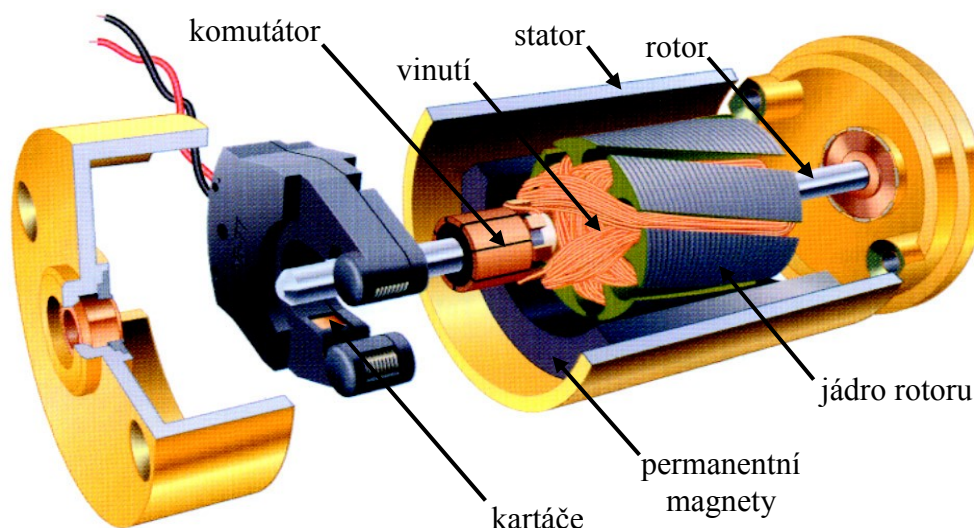
Obrázek 39: Blokové schéma

Na blokovém schématu (obrázek 39) můžeme vidět základní princip automatizovaného pohybu křídla. Základním prvkem je pohon, jehož součástí je řídicí jednotka a 12 V stejnosměrný elektromotor. Periferie s jednotkou komunikují po sběrnici Moovo Bus, která je tvořena dvouvodičovým kabelem.

### Princip činnosti

Po stisknutí tlačítka na dálkovém ovladači (RF - radiofrekvenční signál), či tlačítka na klávesnici (K), zaregistruje řídicí jednotka tento signál a vydá povel k pohybu křídla. Ten je vyvozen otáčkami 12 V stejnosměrného elektromotoru doplněného převodovkou. Při pohybu křídla jsou aktivovány bezpečnostní prvky. Těmi jsou výstražná lampa (L), která po celou dobu pohybu křídla bliká a bezpečnostní fotobuňky. Jedna fotobuňka je vysílací (TX) a druhá přijímací (RX). Ty pokud zaznamenají překážku, pak ve fázi zavírání vyvolají okamžitou inverzi pohybu a při otevřeném vjezdu/vstupu vyvolají zákaz příkazu zavření. Ve fázi otevírání a v zavřeném stavu se jejich funkce nijak neprojeví. Bezpečnostním prvkem je rovněž proudová ochrana motoru, která pokud zaznamená zvýšený odpor při pohybu křídla a tedy zvýšený odběr energie, křídlo zastaví a vyvolá inverzi pohyb.

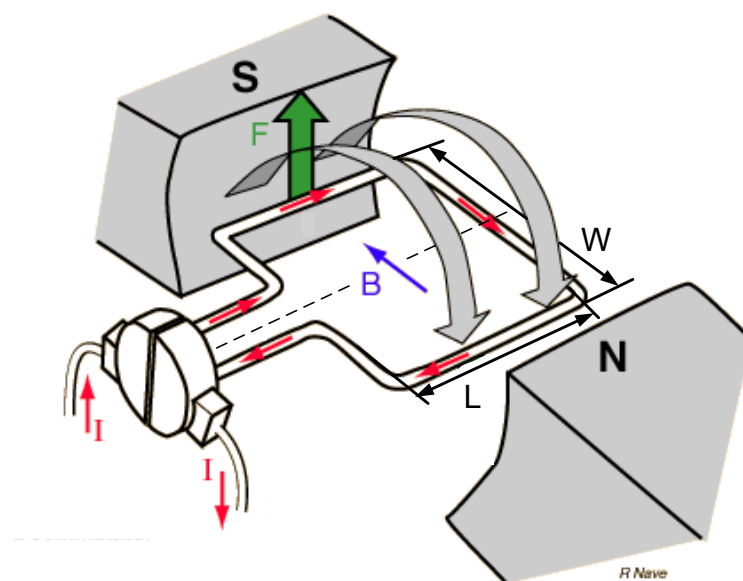
### 2.7.2 Stejnosměrné elektromotory



Obrázek 40: Klasický stejnosměrný motor s PM

Stejnosměrný motor se skládá ze statoru, na jehož obvodu se pravidelně střídají vyniklé hlavní póly, které ty jsou navzájem magneticky opačně orientovány. Za hlavním pólem dané polarity následuje ve směru otáčení kotvy vždy pomocný (komutační) pól téže polarity.

Rotor (kotva) nese v drážkách rozložené vinutí s cívkami, vyvedenými k mechanickému komutátoru. Komutátor zajišťuje přívádění správně orientovaného proudu do cívek vinutí rotující kotvy tak, aby všechny proudem protékané cívkové strany vytvářely v magnetickém poli hlavních pólů točivý moment souhlasného smyslu. Ke komutátoru přiléhají grafitické nebo elektrografitické kartáče a je jich, stejně jako pólů, vždy sudý počet.



Obrázek 41: Princip činnosti DC motoru

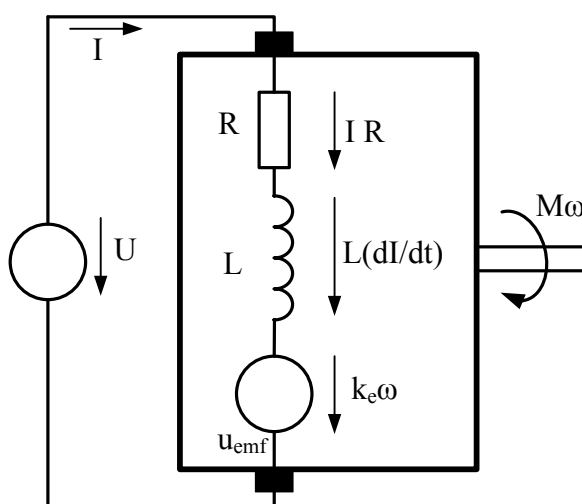
Mezi permanentními magnety je vyvoláváno magnetické pole  $B$ , které je znázorněno pomocí siločar (obrázek 41). Průchodem elektrického proudu  $I$  vinutím kotvy  $L$ , které je kolmé na  $I$ , dochází k působení síly  $F$ .

$$F = I \cdot B \cdot L \quad [1]$$

Otáčení rotoru stejnosměrného motoru s permanentním magnetem je vyvoláno silou  $F$  vytvářející silový moment  $M$  na ramenech rovnajícím se poloměru závitu  $W$  smyčky (pro úhel  $\alpha=0^\circ$ ). Natočení vinutí oproti působení  $B$ , charakterizuje úhel  $\alpha$ . Úhel  $\theta$  je pak úhel mezi normálou vinutí a působení  $B$ . Ve skutečnosti je smyček ve vinutí více a to celkem  $N$ . Celkový moment tedy vypočteme ze vzorce

$$M_{celkové} = N \cdot I \cdot B \cdot A \cdot \sin \theta \quad [2]$$

### Náhradní zapojení DC motoru



Obrázek 42: Schéma náhradního zapojení

Na obrázku 42 je zobrazeno náhradní zapojení stejnosměrného elektromotoru. Motor je napájen napětím  $U$ , které vypočteme z proudu  $I$  násobeného odporem  $R$  a součtem s elektromotorickým napětím  $u_{emf}$ .

$$U = I \cdot R + u_{emf} \quad [3]$$

$$I = \frac{U - u_{emf}}{R} \quad [4]$$

Kde  $u_{emf}$  je přímo úměrné rychlosti otáčení motoru  $\omega$

$$\omega = \frac{P_m}{M} \quad [5]$$

a má opačnou polaritu než  $U$ , proto dochází k poklesu proudu  $I$  tekoucím vinutím, důsledkem čehož rostou sice otáčky motoru, ale klesá moment  $M$ .

$$M = k_M \cdot I \quad [6]$$

kde  $k_M$  je proporcionální konstanta.

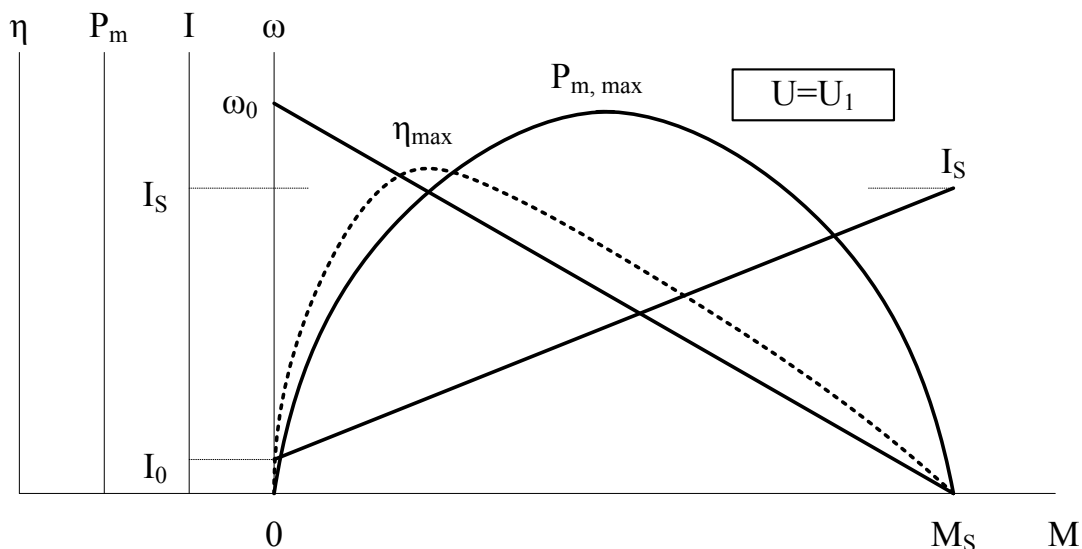
Maximálního mechanického výkonu  $P_{\max}$  dosahujeme přibližně při poloviční hodnotě momentu  $M_s$ , neboli při polovině maximálních otáček. Mechanický výkon  $P_m$  vypočteme jako výkon elektrický  $P_e$  minus ztráty na odporu vinutí

$$P_m = P_e - I^2 \cdot R \quad [7]$$

Maximální účinnosti  $\eta_{\max}$  dosáhneme při cca 1/7 momentu  $M_s$ . Účinnost  $\eta$  vypočítáme jako poměr mezi výstupním mechanickým výkonem  $P_{\text{out}}$  a vstupním elektrickým příkonem  $P_e$ .

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_e} \quad [8]$$

Na obrázku 43 je znázorněn průběh všech důležitých veličin a jejich vzájemná vazba.

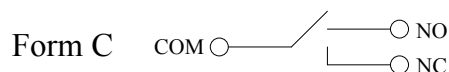
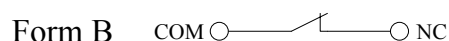
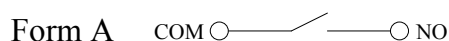


Obrázek 43: Charakteristika DC motoru

Všimněme si několika důležitých bodů těchto charakteristik

- $\omega_0$  otáčky bez zátěže (naprázdno) při daném napětí  $U$  a nulovém momentu  $M$
- $I_0$  proud nezatíženého motoru, slouží k překonání tření a ztrát
- $I_s$  proud nakrátko tekoucí vinutím při momentové zátěži  $M_s$ , při níž hřídel stojí

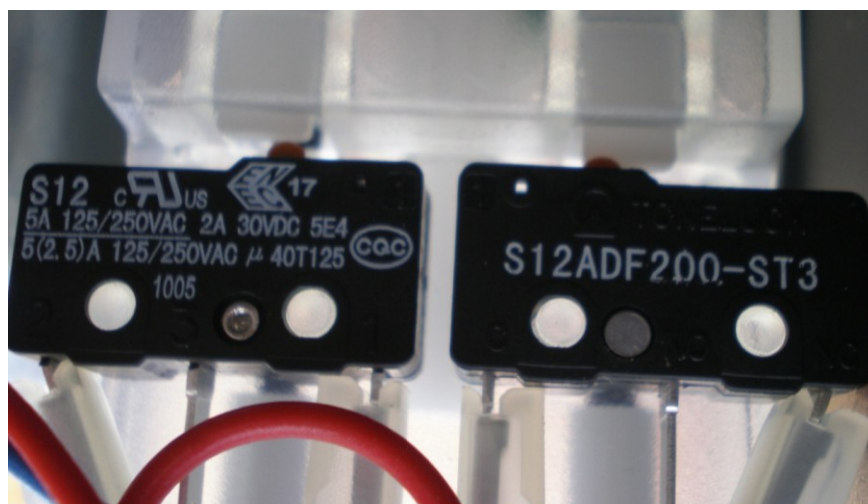
### 2.7.3 Reléové spínače



*Obrázek 44: Typy reléových spínačů*

Form A	NO – Spínací kontakt – v klidovém stavu rozepnutý
Form B	NC – Rozpínací kontakt – v klidovém stavu sepnutý
Form C	Možnost zapojení jako spínací i jako rozpínací kontakt
COM – Common, NO – Normally Open, NC – Normally Closed	

K nastavení koncové polohy je použit mechanismus pohybového šroubu a matice. Při pohybu křídla se současně otáčí i vertikálně uložené šrouby. Závit jednoho šroubu je pravotočivý a druhý levotočivý, takže se při zavírání jedna matice pohybuje vzhůru a druhá dolů. Právě při dojezdu do horní polohy dochází k vysunutí plastového prvku, který zatlačí tlačítko na spínači. Na obrázku 45 je spínač vpravo sepnutý a levý v klidovém stavu.

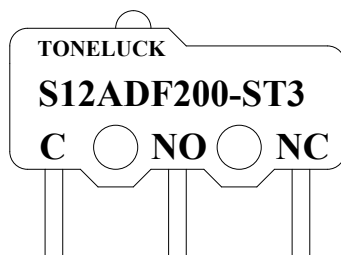


*Obrázek 45: Reléové spínače pro koncovou polohu*

Spínače jsou připojeny na konektorech C a NC, jsou tedy zapojeny jako rozpínací. Během pohybu křídla proud protéká a po dosažení koncové polohy se kontakt rozepne a křídlo se zastaví. V použitém pohonu jsou spínače firmy Toneluck International Industrial Ltd., Hong Kong modelové řady S12.

Protože se mi ani po přímém kontaktování výrobce nepodařilo zajistit datasheet k tomuto konkrétnímu modelu, vycházel jsem z informací dostupných v jiných

datasheetech tohoto výrobce a na stránkách internetových prodejců. Stránky byly většinou v čínštině, takže jsem využil překladače Google a převedl text do angličtiny.



Obrázek 46: Spínač Toneluck S12ADF200-ST3

#### **Základní parametry:**

Jmenovitý proud:	5 A
Jmenovité napětí:	250 VAC
Teplotní rozsah:	40T125 (-40 ~ +125°C)
Mechanická životnost:	100 mil.
Materiál pouzdra:	UL 94V0 Thermoplastic
Ochrana:	Proti prachu
Váha:	3 g

#### **Parametry vyplývající z označení S12ADF200-ST2**

S12	typové označení
A	obvod SPDT (Single Pole, Double Throw) - dvoucestný přepínač
D	typ připojení konektorů – rychlopřipojovací
F2	otevírací síla (liší se dle provedení)
00	bez vyrovnávání
S	postříbřené kontakty
T3	verze daného spínače

#### **Certifikace**

UL	Underwriters Laboratories Inc. Bezpečnost produktů a jejich shoda s normami
ENEC	European Norm Electrotechnical Certification Panevropská značka označující shodu výrobku s normami EU pro elektrickou bezpečnost výrobku. ENEC 17 – schválil EZU, Norsko.
CQC	China Quality Certification Center Normy kvality, bezpečnosti, životního prostředí a výkonnosti.

#### 2.7.4 Výpočet parametrů ozubeného kola

Bylo uvažováno ozubené kolo s evolventními zuby.

Hodnoty zjištěné měřením

Počet zubů	$z = 12$
Hlavový průměr	$d_a = 56 \text{ mm}$
Patní průměr	$d_f = 38 \text{ mm}$
Rozteč	$t = 12,5 \text{ mm}$

Výpočet modulu

$$m = \frac{t}{\pi} = \frac{12,5}{\pi} = 3,979 \approx 4 \text{ mm} \quad [9]$$

Výpočet hlavního průměru

$$d = m \cdot z = 4 \cdot 12 = 48 \text{ mm} \quad [10]$$

Výpočet základního průměru

$$d_b = d \cdot \cos \alpha = 48 \cdot \cos 20^\circ = 45,105 \text{ mm} \quad [11]$$

Výpočet výšky hlavy

$$h_a = m = 4 \text{ mm} \quad [12]$$

Výpočet výšky paty

$$h_f = 1,25 \cdot m = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ mm} \quad [13]$$

Ověření hlavového průměru

$$d_a = d + 2h_a = 48 + 2 \cdot 4 = 56 \text{ mm} \quad [14]$$

Ověření patního průměru

$$d_f = d - 2h_f = 48 - 2 \cdot 5 = 38 \text{ mm} \quad [15]$$



### 2.7.5 Výpočet rychlosti posuvu křídla brány

Výpočet obvodu hlavní kružnice

$$o = \pi \cdot d = \pi \cdot 48 = 150,796 \text{ mm} \approx 0,151 \text{ m} \quad [16]$$

Přepočet otáček

$$v_{x1} = 62 \text{ ot/min} = 1,033 \text{ ot/s} \quad [17]$$

$$v_{x2} = 35 \text{ ot/min} = 0,583 \text{ ot/s} \quad [18]$$

Výpočet rychlostí posuvu

$$v_1 = v_{x1} \cdot o = 1,033 \cdot 0,151 = 0,156 \text{ m/s} \quad [19]$$

$$v_2 = v_{x2} \cdot o = 0,583 \cdot 0,151 = 0,088 \text{ m/s} \quad [20]$$

Hodnoty pro výpočet doby zavírání křídla

Velikost průjezdu (celková dráha)	$s = 3,3 \text{ m}$
-----------------------------------	---------------------

Délka dráhy při 62 ot/min	$s_1 = 2,6 \text{ m}$
---------------------------	-----------------------

Délka dráhy při 35 ot/min	$s_2 = 0,7 \text{ m}$
---------------------------	-----------------------

Výpočet doby zavírání křídla

$$t_1 = \frac{s_1}{v_1} = \frac{2,6}{0,156} = 16,663 \text{ s} \quad [21]$$

$$t_2 = \frac{s_2}{v_2} = \frac{0,7}{0,088} = 7,947 \text{ s} \quad [22]$$

$$t = t_1 + t_2 = 16,663 + 7,947 = 24,610 \text{ s} \quad [23]$$

Výpočty byly provedeny v programu Mathcad a jsou uvedeny jako *Příloha E*.

### 3 Fyzická realizace

V rámci řešení bakalářské byla provedena také fyzická realizace optimální varianty. Ta probíhala jako rekonstrukce původní brány ovládané manuálně. Cílem bylo eliminovat nedostatky řešení původního a postavit novou bránu tak, aby vyžadovala jen minimální údržbu, byla automatizovaná a to vše při zachování co nejnižší celkové ceny za přestavbu.

#### 3.1 Výběr komponent

Důležité bylo rozhodnutí, ze kterých prvků novou bránu sestavit. Proto bylo třeba určit hlavní parametry nové brány. Těmi byly celková hmotnost křídla brány a šířka velikost průjezdu (výnos brány). Předběžně byla hmotnost, při uvažování maximálních hodnot, stanovena na 220 kg. Podrobněji je výpočet hmotnosti pro realizované křídlo uveden v kapitole 3.4.1 *Výpočet hmotnosti brány*. Velikost průjezdu činí 3,3 m.

Po zvážení všech výhod, nevýhod a ceny různých řešení byla jako optimální varianta vybrána kompletní sada pro samonosnou bránu do 300 kg, dodávaná firmou AZ pohony s.r.o., Brno. Tato sada obsahovala následující komponenty:

##### Kompletní sada pohonu LN432Pe

1 ks	pohon LN4
2 ks	dálkový ovladač
1 ks	pár fotobuněk
1 ks	výstražná lampa
1 ks	klávesnice

##### Ostatní komponenty

1 ks	nosný vozíčkový komplet 1500 mm zapouzdřená ložiska, zinkovaný
1 ks	dojezdové kolečko
1 ks	kapsa pro dojezdové kolečko
2 ks	plastová ucpávka C profilu
4 ks	cylindrický vodící válec z nylonu
6 m	nosného C profilu 50 x 55 x 4 mm
4 m	nylonového hřebene

### 3.2 Rekonstrukce

Základním prvkem původního řešení byla nosná konstrukce, na níž byla umístěna čtyři vodící kola, dvě dole a dvě nahoře. Mezi těmito koly se pohybovalo křídlo brány. Pohyb byl vymezen čtvercovými profily, které tvořily kolejnici, v nichž jezdila kola (obrázek 47). Nevýhodou tohoto řešení bylo, že kola nebyla chráněna před povětrnostními vlivy a ložiska v nich tedy byla za dobu používání značně poškozená. V zimním období docházelo často k zablokování křídla přimrzlým sněhem a ledem. Proto byla brána po celé zimní období otevřená.



*Obrázek 47: Původní stav*

Samotná rekonstrukce začala demontáží vodících kol a vysazením křídla brány. Z něj byly následně odstraněny všechny dřevěné prvky a také kolejnice a zarážky. Následovalo odřezání celého nosného rámu a na jeho místě byl pomocí závitových tyčí uchycených chemickou kotvou, připevněn vozíkový komplet (obrázek 48).



*Obrázek 48: Vozíkový komplet*

Dalším krokem bylo přivaření všech železných prvků. Tuto práci prováděl odborník. Nejdříve byl přivařen C profil (obrázek 49), jehož délka však převyšuje původní křídlo o téměř metr. Proto byl profil zpevněn pomocí šikmé vzpěry.



*Obrázek 49: přivařování C profilu*

Pro zajištění vertikálního vedení byl k rámu přivařen L profil. Ten díky plastovým vodicím válcům uchyceným na vodicím sloupku zachycuje síly působící ve vertikálním směru (obrázek 50). Vodicí sloupek byl svařen na míru a ukotven pomocí závitových tyčí uchycených chemickou kotvou.



*Obrázek 50: Vodicí válce*

Posledním svařovaným kovovým prvkem byl podstavec pod motor, jímž bylo možno zhruba nastavit polohu ozubeného kola a ozubeného hřebenu.

Následovalo natření kovových konstrukcí i dřevěných desek a latí. Po zaschnutí barvy byly dřevěné prvky namontovány (obrázek 51).



*Obrázek 51: Připevnění dřevěných komponentů*

Důležitými konstrukčními prvky jsou dojezdové kolo a dojezdový box (obrázek 52), díky nimž se brána při absolutním vysunutí vrátí do vodorovné polohy a omezí se tak namáhání koleček na vozíkovém kompletu. Křídlo brány se totiž během vysouvání sklopí o více než centimetr.



*Obrázek 52: Dojezdový box a kolo*

Poslední mechanickou částí je ozubený hřeben, který je uchycen pomocí samořezných šroubů a podložek. Speciálně tvarovaný držák umožňuje ještě po namontování seřídít ideální polohu hřebenu vůči ozubenému kolu.

Pro zapojení ovládacích a bezpečnostních prvků bylo potřeba nachystat kabeláž. Pro úsporu kabeláže bylo využito sběrníkového zapojení a vhodného rozmístění prvků. Na sloupku vzdálenějším od pohonu byla tedy umístěna jen jediná fotobuňka, ostatní komponenty byly umístěny na straně bližší. Aktivními bezpečnostními prvky naší realizace jsou fotobuňky, které jsou v páru umístěny cca 30 cm nad zemí, každá na jednom sloupku. Pasivním bezpečnostním prvkem je výstražná lampa. Dále byla na sběrnici připojena klávesnice jako zástupce prvků ovládacích.

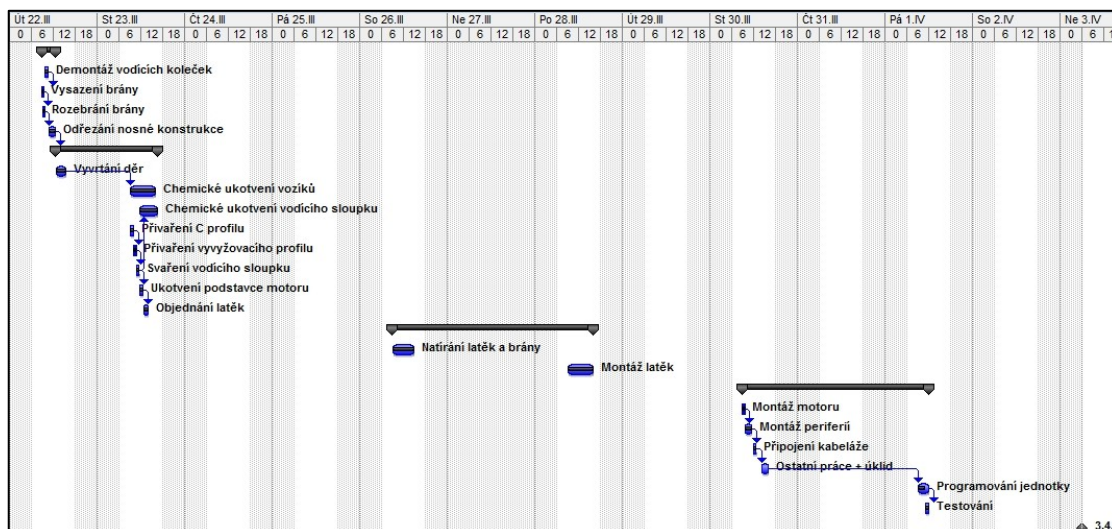




Obrázek 53: Pohon s připojenou kabeláží

Poté co byly veškeré periferie připojeny k řídicí jednotce pohonu (obrázek 53), začalo její samotné naprogramování. To probíhalo přesně podle pokynů výrobce (Příloha H) pomocí tlačítek na jednotce a dálkovém ovládání. Ke komunikaci a potvrzení správnosti nastavení jednotlivých kroků využívá jednotka akustického signálu, záblesky lampy a diod na řídicí jednotce. Brána byla naprogramována na nejvyšší pohybovou rychlost a zpomalení 70 cm před dosažením koncové polohy. Byly nastaveny dva režimy otevření brány, režim pro úplné otevření a režim pro otevření na šířku jednoho metru pro průchod chodců.

Na závěr bylo vše otestováno, odstraněny poslední odchylky od požadovaného stavu a brána byla předána k užívání majiteli. Harmonogram rekonstrukce byl dopředu zpracován a průběžně sledován pomocí programu MS Project. Na obrázku 54 je vidět zobrazení prací pomocí Ganttova diagramu. Celý projekt je přiložen jako *Příloha F*.



Obrázek 54: Ganttův diagram

Kompletní fotodokumentace včetně videí je přiložena jako *Příloha G*.

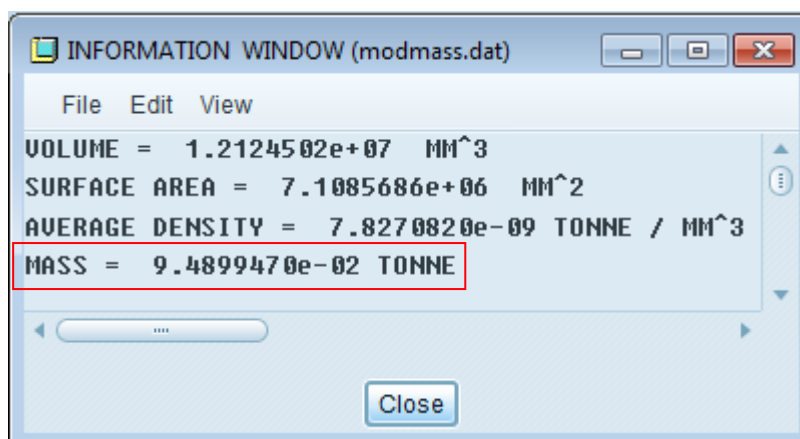
### 3.3 Rekapitulace dosažených výsledků

#### 3.3.1 Výpočet hmotnosti brány

Tabulka 10: Hmotnost brány

Materiál	Typ profilu	Rozměry profilu [mm]	Užitá délka profilu [m]	Hmotnost 1 m profilu [kg]	Celková hmotnost [kg]
Ocel	Jákl - Obdélník	50 x 30 x 3	15,66	3,55	55,59
Ocel	L profil	40 x 40 x 4	4,40	2,29	10,08
Ocel	C profil	50 x 55 x 4	5,20	5,30	27,56
Celková váha železných komponent					93,23
Smrkové dřevo	Obdélník	60 x 20	55,9	0,96	53,66
Borovicové dřevo	Obdélník	130 x 45	7,04	4,68	32,95
Celková hmotnost křídla					<b>178,78</b>

Hmotnosti v tabulce 10 vychází z údajů uvedených na stránkách společností AAC – Pragocel, spol. s r.o., AZ Pohony, spol. s r.o. a CZ Biom – České sdružení pro biomasu. Hmotnost dřevěných prvků je vypočtena pro hustotu  $800 \text{ kg/m}^3$ . Jedná se o hustotu mokrého borovicového a smrkového dřeva, čímž zjistíme maximální možnou hmotnost dřevěných prvků. Samovolným vysycháním dojde ke snížení hodnoty hustoty na  $480 \text{ kg/m}^3$  při vlhkosti 13%.



Obrázek 55: Analýza hmotnosti křídla z ProEngineer

Na obrázku 55 je hodnota získaná analýzou v programu ProEngineer. Hodnota  $9,49 \cdot 10^{-2}$  tun se rovná hodnotě 94,90 kg, což se blíží hodnotě ocelových komponent

získané analytickým výpočtem. V tabulce ani v analýze z ProEngineer není zahrnuta hmotnost plastového ozubeného hřebenu a spojovacího materiálu. Ale i při uvažování těchto prvků maximální hmotnost nepřekročíme a stále nám zůstane hmotnostní rezerva cca 30 %.

### 3.3.2 Měření doby posuvu křídla

Průměrná doba pohybu křídla vypočítaná z deseti měření je 27,2 s. Toto navýšení oproti vypočítané hodnotě 24,610 s je dáno tím, že koncové polohy jsou už za hranicí čistého průjezdu. Velikost dráhy, kterou křídlo urazí při jenom úkonu, je celkem 3,7 m.

### 3.4 Rozpočet

Sada pro samonosnou bránu do 300 kg	16 409,- Kč
Materiál (spojovací, L profil, chemická kotva...)	1 932,- Kč
Dřevěné komponenty + práce odborníka	1 050,- Kč
Železné komponenty + práce odborníka	<u>1 000,- Kč</u>
<b>Celkem</b>	<b>20 392,- Kč</b>

Pro porovnání uvádím cenové nabídky firem, které se realizací bran zabývají.

Tabulka 11: Průměrná cena brány dodávané firmou

Firma	Délka křídla [m]	Cena bez DPH [Kč]
E&P s.r.o.	3,5	33 900,-
Ploty Morava	do 4	29 900,-
Kovárna Svoboda	4,3	27 370,-
Profi – Roll s.r.o.	3,5	29 900,-
Václav Šeler	4,0	26 666,-
Průměrná cena bez DPH		29 547,-
Průměrná cena s DPH (20%)		35 455,-

Rozdíl téměř 15 000,- Kč mezi průměrnou cenou a našimi náklady je důsledkem toho, že většina realizačních prací byla prováděna svépomocí bez mzdových nákladů a nebyla prováděna za účelem tvorby zisku.



## 4 Závěr

V rámci řešení bakalářské práce jsem se seznámil s problematikou konstrukce vjezdových bran. Rešerše se zabývala typy bran, používanými pohony a periferiemi (fotobuňky, výstražné lampy, klíčové spínače, klávesnice, dálkové ovladače a zámky). Po provedení rešerše jsem vybral tři typické představitele v současnosti nejrozšířenějších bran (bránu otočnou, posuvnou po kolejnici a posuvnou samonosnou), které jsem vymodeloval se zohledněním všech hlavních konstrukčních prvků pro lepší možnost zhodnocení jednotlivých variant. Na základě těchto poznatků jsem navrhnul nový mechanismus v podobě varianty III – brány skládací. Myslím si, že by bylo vhodné tuto variantu dále rozvíjet, neboť tato konstrukce eliminuje typické problémy dnešních bran. Těmi jsou velikost potřebného prostoru za bránou u bran otočných a velikost prostoru do boku u bran posuvných. Navíc v provedení samonosném, by byly minimalizovány nároky na údržbu. Celkem byly tedy navrženy čtyři varianty řešení.

Po provedení hodnotové analýzy metodou porovnávání v trojúhelníku párů se při daných parametrech a subjektivním hodnocení, jako optimální ukázala varianta IV hlavně díky možnosti fyzické realizace.

Byl proto proveden popis komponent optimální varianty užitých v našem řešení. Kde jsem se snažil zohlednit strojní část studia, rozbořem mechanických částí a část elektrotechnickou rozbořem elektrických a elektronických částí.

Při realizaci jsem si pak vyzkoušel teoretické vědomosti přímo v praxi. Ukázalo se, že v praxi se objeví spousta neočekávaných problémů a komplikací, které realizaci zdržují. Úkon, který dnes profesionalizované firmy provádí za jeden den, trval dva týdny. Největší zdržení způsobovala neznalost problematiky a nedostatek profesionálního nářadí. Naopak velice pozitivní vliv na rekonstrukci měla konzultace dané realizace s odborníkem, který se výrobou a montáží bran zabývá.

V průběhu jsem se seznámil s obtížemi, které s sebou rekonstrukce nese, a při další realizaci bych se již těmto problémům vyhnul a snažil se je eliminovat ještě před jejich vznikem.

## 5 Seznam použitých obrázků

Obrázek 1: Otočná brána .....	10
Obrázek 2: Posuvná brána po kolejnici .....	11
Obrázek 3: Posuvná brána samonosná.....	11
Obrázek 4: Posuvná brána teleskopická .....	12
Obrázek 5: Kloubový pohon.....	13
Obrázek 6: Podzemní pohon.....	13
Obrázek 7: Pákový elektromechanický pohon .....	14
Obrázek 8: Pákový elektrohydraulický pohon.....	14
Obrázek 9: Lineární pohon .....	15
Obrázek 10: Detaily lineárního pohonu.....	15
Obrázek 11: Fotobuňky .....	16
Obrázek 12: Výstražné lampy.....	16
Obrázek 13: Klíčové spínače .....	17
Obrázek 14: Klávesnice .....	17
Obrázek 15: Dálkové ovládání .....	18
Obrázek 16: Zámek vertikální (vlevo) a horizontální (vpravo) pro otočnou bránu.....	18
Obrázek 17: Zámek hákový pro posuvnou bránu .....	18
Obrázek 18: Pohled z vnější strany.....	19
Obrázek 19: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků .....	19
Obrázek 20: Pohled z vnější strany.....	21
Obrázek 21: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků .....	21
Obrázek 22: Detail elektrohydraulického pohonu a jeho uchycení .....	22
Obrázek 23: Pohled z vnitřní strany .....	23
Obrázek 24: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků .....	23
Obrázek 25: Pohled z vnitřní strany .....	24
Obrázek 26: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků .....	24
Obrázek 27: Tvarovaný pant.....	25
Obrázek 28: Průchod řetězu vodícím okem.....	26
Obrázek 29: Řez zásobníkem na tlačný řetěz .....	26
Obrázek 30: Pohled z vnitřní strany .....	27
Obrázek 31: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků .....	27
Obrázek 32: Pohled z vnitřní strany .....	30
Obrázek 33: Pohled z vnitřní strany s popisem hlavních prvků .....	30
Obrázek 34: Vertikální vedení.....	31
Obrázek 35: Dojezdové kolo a dojezdový box .....	32
Obrázek 36: Vozík .....	32
Obrázek 37: Uchycení hřebenu na křídlo brány .....	33
Obrázek 38: Celkový pohled na pohon a usazení vozíků v C profilu .....	33
Obrázek 39: Blokové schéma .....	34
Obrázek 40: Klasický stejnosměrný motor s PM .....	35
Obrázek 41: Princip činnosti DC motoru .....	35
Obrázek 42: Schéma náhradního zapojení.....	36
Obrázek 43: Charakteristika DC motoru .....	37
	50

Obrázek 44: Typy reléových spínačů .....	38
Obrázek 45: Reléové spínače pro koncovou polohu .....	38
Obrázek 46: Spínač Toneluck S12ADF200-ST3.....	39
Obrázek 47: Původní stav .....	43
Obrázek 48: Vozíkový komplet.....	43
Obrázek 49: přivařování C profilu.....	44
Obrázek 50: Vodící válce .....	44
Obrázek 51: Připevnění dřevěných komponentů.....	45
Obrázek 52: Dojezdový box a kolo .....	45
Obrázek 53: Pohon s připojenou kabeláží .....	46
Obrázek 54: Ganttův diagram.....	46
Obrázek 55: Analýza hmotnosti křídla z ProEngineer .....	47

## 6 Seznam použitých tabulek

Tabulka 1: Parametry kloubových elektromechanických pohonů.....	13
Tabulka 2: Parametry podzemních elektromechanických pohonů .....	13
Tabulka 3: Parametry pákových elektromechanických pohonů .....	14
Tabulka 4: Parametry pákových elektrohydraulických pohonů .....	14
Tabulka 5: Parametry lineárních elektromechanických pohonů.....	15
Tabulka 6: Kritéria a jejich charakteristika.....	28
Tabulka 7: Určení váhy významnosti kritérií .....	28
Tabulka 8: Ohodnocení variant a výpočet vážených indexů kritérií .....	29
Tabulka 9: Celkové pořadí - zisk optimální varianty .....	29
Tabulka 10: Hmotnost brány .....	47
Tabulka 11: Průměrná cena brány dodávané firmou .....	48

## 7 Seznam použité literatury

KONEČNÝ, Z. *Základy technické dokumentace*. VŠB-TU Ostrava, 2009, 83 s. [online]  
Dostupné z <[http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka\\_dokumentace/titulni\\_strana.htm](http://robot2.vsb.cz/elekskripta/technicka_dokumentace/titulni_strana.htm)>

KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře – Části pohonů strojů*. VŠB-TU Ostrava, 2008, 128 s., ISBN 978-80-248-1860-3

NEBORÁK, I. *Elektrické pohony*. VŠB-TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1493-3 (CD-R)

## 8 Elektronické zdroje

*AZ pohony s.r.o.* [online]. [cit. 2011-01-15]. Úvodní stránka.

Dostupné z <<http://azpohony.cz>>

*Brány Vrata Ploty Opava* [online]. [cit. 2010-10-26]. Brány.

Dostupné z <<http://www.montego.cz/brany/>>

*Hörman Česká republika s.r.o.* [online]. [cit. 2010-10-26]. Posuvné brány.

Dostupné z <<http://www.hormann.cz/prumyslova-vrata/posuvne-brany/>>

*Aludoors – Jiří Repeš* [online]. [cit. 2010-10-26]. Pohony vrat a bran.

Dostupné z <<http://www.aludoors.cz/index.php/pohony-vrat-a-bran.html>>

*BranyPosuvne.cz – Martin Kušnier* [online]. [cit. 2010-10-26]. Úvodní stránka.

Dostupné z <<http://branyposuvne.cz/>>

*TECHNOPARK CZ s.r.o.* [online]. [cit. 2010-10-26]. Pohony pro brány a vrata.

Dostupné z <<http://technopark.cz/pohony-pro-brany-a-vrata>>

*Kovárna Svoboda, s.r.o.* [online]. [cit. 2011-04-03]. Samonosná brána KIT–SB3P–AUTO.

Dostupné z <<http://www.kovarnasvoboda.eu/product/samonosna-brana-kit-sb3p-auto-84/>>

*E+P spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2011-04-03]. Kompletní samonosná brána.

Dostupné z <<http://www.e-p.cz/kompletni-samonosna-brana-s-pohonem-za-smesnou-cenu>>

*MAZUREK, s.r.o.* [online]. [cit. 2011-04-03]. Automatická samonosná brána do 4 m.

Dostupné z <<http://www.plotymorava.cz/www/cz/cenove-akce/automaticka-samonosna-brana-do-4-m>>

*Profi-Roll s.r.o.* [online]. [cit. 2011-04-03]. Akce – samonosná brána.

Dostupné z <<http://www.profi-roll.cz/akce-samonosna-brana>>

*Václav Šeler* [online]. [cit. 2011-04-03]. Z naší cenové nabídky.

Dostupné z <<http://www.plzen-info.cz/vrata/okno.php>>

*SM server s.r.o.* [online]. [cit. 2011-04-19]. Produkty.

Dostupné z <<http://www.msever.cz/?p=productsList>>

*AAC Pragocel s.r.o.* [online]. [cit. 2011-04-26]. Hutní materiály.

Dostupné z <<http://www.aacpragocel.cz/produkty/hutni-materialy>>

*CZ Biom - České sdružení pro biomasu* [online]. [cit. 2011-04-26]. Dřevo – Přehled základních vlastností - Jiří Souček.

Dostupné z <[http://stary.biom.cz/clen/jso/a\\_drevo.html](http://stary.biom.cz/clen/jso/a_drevo.html)>

*Toneluck International Industrial Ltd.* [online]. [cit. 2011-05-06]. Mikro switches.

[anglicky] Dostupné z <<http://www.toneluck.com/products.html>>

China Alibaba [online]. [cit. 2011-05-06]. 微动开关 (Mikro switch). [čínsky]

Dostupné z <<http://detail.china.alibaba.com/buyer/offerdetail/921074625.html>>

## 9 Přílohy

- Příloha A: Varianta I – Brána posuvná po kolejnici – ProEngineer WF5
- Příloha B: Varianta II – Otočná brána – ProEngineer WF5
- Příloha C: Varianta III – Skládací brána – ProEngineer WF5
- Příloha D: Varianta IV – Brána posuvná samonosná – ProEngineer WF5
- Příloha E: Výpočty – Mathcad 14
- Příloha F: Časový rozpis rekonstrukce – MS Project 2007
- Příloha G: Fotodokumentace rekonstrukce
- Příloha H: Návod k pohonu LN4
- Příloha I: Samonosná brána – Výkres AutoCAD 2000/LT2000 (\*.dwg)
- Příloha J: Řez – Výkres AutoCAD 2000/LT2000 (\*.dwg)
- Příloha K: Kusovník – Výkres AutoCAD 2000/LT2000 (\*.dwg)
- Příloha L: Křídlo brány – Výkres AutoCAD 2000/LT2000 (\*.dwg)
- Příloha M: Sloupek vertikálního vedení – Výkres AutoCAD 2000/LT2000 (\*.dwg)
- Příloha N: Podstavec motoru – Výkres AutoCAD 2000/LT2000 (\*.dwg)

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Burkovičovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a vstřícný přístup při konzultacích.

Také bych rád poděkoval Ing. Zdeňkovi Petru za možnost fyzické realizace, financování rekonstrukce a projevenou důvěru.

Poděkování také patří panu Vilémovi Bezděkovi za cenné rady a předané zkušenosti týkající se konstrukcí bran.

V neposlední řadě patří velké díky mé rodině a blízkým, kteří mě podporovali a vycházeli mi maximálně vstříc při zpracovávání bakalářské práce i po dobu celého studia.